Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

ASTRONOMIE HEUTE

SKY www.astronomie-heute.de

GEFAHRENZONE SONNENSYSTEM

ASTEROIDEN MIT KURS ERDE

Der nächste Einschlag kommt bestimmt

ANATOMIE EINER SUPERNOVA
Ein Stern sprengt seine Schwerkraftfesseln

LUXUSKLASSE
Robotermontierung für zehnzöllige Optik

DEEP SKY

GALAKTISCHES ZENTRUM: Reise ins Innerste

EDITORIAL

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Die Menschheit – hilflos im All

Wer auf die Homepage des Meteorkraters in Arizona surft (www.meteorcrater.com), kann sich dort in einer Simulation sozusagen live anschauen, wie vor 50 000 Jahren – Europa steckte noch in der letzten Eiszeit und war von Neandertalern bevölkert – ein etwa fünfzig Meter großer Meteorit einschlug. Beim Aufprall mit 70 000 Stundenkilometern riss er einen Krater von 1200 Meter Durchmesser und 200 Meter Tiefe. Als ich vor einiger Zeit zum tiefsten Punkt dieses Einschlaglochs hinabkletterte, musste ich daran denken, dass erst vor wenigen Jahrzehnten zweifelsfrei bewiesen wurde, dass hier früher kein Vulkan rauchte, sondern ein Himmelskörper auf die Erde gestürzt war.

Erst mit dieser Erkenntnis wandte sich der Blick verstärkt »nach außen«, nicht zuletzt auf die drohende Gefahr, dass uns abermals Felsbrocken treffen könnten – nur wären diesmal wir betroffen und nicht die Dinosaurier, denen vermutlich einst jener große Einschlag auf der mexikanischen Halbinsel Yucatán vor 65 Millionen Jahren den Garaus machte. Weltgeschichtlich ist das nicht so lange her – nämlich nur 1,4 Promille des Erdalters – und kann daher immer wieder mal passieren. Wie unsere Titelgeschichte ab Seite 28 berichtet, sind seit Beginn der systematischen Suche nach Kandidaten vor über einem Jahrzehnt mindestens 900 »Near-Earth Asteroids« bekannt geworden. Prekärerweise haben Astronomen dafür ihre Teleskope ausschließlich auf der Nordhalbkugel abgestellt. Was sich uns vom Südhimmel nähert, ist daher vorläufig unbekannt und kann unliebsame Überraschungen bergen. Immerhin stellt unser Autor Michael Vogel fest: »Derzeit gibt es unter den kontrollierten Objekten keines, das eine ernst zu nehmende Bedrohung darstellt.«

»Gegen einen großen Asteroiden hat die Menschheit ohnehin keine Chance«

Dabei dürfte es für unser Überleben ziemlich egal sein, ob wir von unserem bevorstehenden Untergang rechtzeitig erfahren oder nicht. Da ist vor allem der Zeitfaktor, der jede »Verteidigung« erschwert: Ein Jahrzehnt bräuchten Raumfahrtingenieure allemal, um ein passendes Satelliten-Vehikel zu bauen, zuzüglich Zeit für den Flug zu dem sich nähernden Asteroiden. Ob Forscher eine Kollision mit der Erde über solche Zeiträume überhaupt mit der notwendigen Zuverlässigkeit vorausberechnen können, darf bezweifelt werden.

Aber selbst wenn wir rechtzeitig »hinkämen« – was wäre zu tun? Es reicht ja nicht, wie Bruce Willis in »Armageddon« eine Atombombe ins All zu jagen und das Ding »in die Luft« zu sprengen. Auch alternative Ideen, um einen Asteroiden am Einschlag zu hindern, wirken eher rührend als realistisch, wie es auch unsere Titelgeschichte beschreibt. Wir würden wohl enden wie im Katastrophenfilm »Deep Impact«: Der Asteroid geht trotz verzweifelter Gegenwehr auf die Erde nieder und viele Menschen sterben. Jüngste Prognose der Asteroidenwächter: Am 16. März 2880 könnte der Planitesimal »1950 DA« unseren Planeten treffen. Das ein Kilometer große Objekt würde vermutlich in den Atlantik stürzen und, so zeigen Simulationen amerikanischer Planetologen, in wenigen Stunden über hundert Meter hohe Tsunamiwellen an die Küsten der USA und Europas jagen.

Größere Gefahr droht von Asteroiden, die bislang noch gar nicht entdeckt sind. Die Nasa hat sich jetzt vorgenommen, mindestens neunzig Prozent aller Körper mit mehr als einem Kilometer Durchmesser bis zum Jahr 2008 aufzuspüren. Nicht, dass wir gegen einen Einschlag wirklich etwas ausrichten könnten. Aber vielleicht wollen wir ja dennoch wissen, was auf uns zukommt.

ANZEIGE

INHALT

Astro-News 10
Galaktischer Rave, Methusalem-Planet, Rotierendes Smartie u. a.

▶ **Mission Update** 16
Aufbruch zum Mars, Raumfahrt per Sonnensegel, Mondsonde Smart-1

▶ **»Global Killers« – Gefahr aus dem All** 20
Wie groß ist die Bedrohung durch Asteroideneinschläge wirklich?

▶ **Anatomie einer Supernova** 28
Was löst die Explosion der tickenden Zeitbomben aus?

▶ **Reise zum Mittelpunkt der Milchstraße** 36
Region verborgener Wunder

▶ **Kaleidoskop** 42
Die perfekte Spirale

Flutlicht am Himmel 28

Bricht ein Weißer Zwerg unter seiner Materielast zusammen, kann die Helligkeit seiner Explosion tagelang ganze Galaxien überstrahlen

DON DIXON

SKYLINE

Fokus 44
Sternbilder mit Geschichten

Planetarium 45
Hochsaison für Sterngucker

Kleinteleskope 48
Sterngruppen in Pfeil und Delfin

Sterntafel 50
Der Nachthimmel im Spätsommer

Feldstechertipp 51
Wildentenhaufen im Schild

▶ **Deep Sky** 52
Perlen der Galaxienkette bei M 92

Schauplatz Mond 54
Die »Höhle« in Kopernikus

Highlight 56
Sturmwarnung für Mars

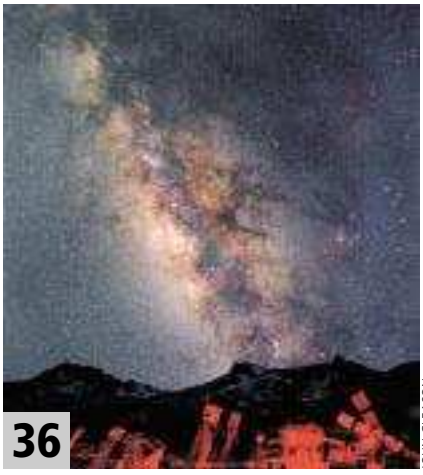
SZENE

Mein Favorit am Himmel 59
Natascha Berg: Stars & Sternchen

Newcomer 60
Jüngster Galaxienforscher

Unterwegs 62
Marsmeteorite vom Südpol

Porträt 65
Nach Chile zur Marsopposition



JOHN GLEASON

36 Galaktisches Zentrum

26 000 Lichtjahre entfernt liegt das Innerste der Milchstraße. Astronomen erforschen die fremdartigen Phänomene und Objekte dieser spektakulären Region des Kosmos

Vom Winde verweht 56

Globale Staubstürme auf Mars könnten Amateuren die Opposition verderben. Doch auch die Beobachtung der damit einhergehenden Veränderungen seiner Oberfläche lohnt

NASA, JAMES BELL, MICHAEL WOLFF UND HUBBLE HERITAGE TEAM

ANSMET / DANIEL GLAVIN

62 Unterwegs

Der Südpol als Jagdrevier für Astronomen? Wer Gesteinsbrocken vom Mars sucht, ist hier genau richtig

Titelbild: Asteroideneinschläge können globale Katastrophen auslösen. Grafik: »Deep Impact«, Cinetext Bildarchiv

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

INHALT

SZENE

Events 66

Kippenhahns Sternstunde 68
Weltsysteme im Wandel: von Kopernikus zu Brahe

TIPPS&TOOLS

Glanzlichter 70

Astrofotografie 76
Nachführung ist alles

▶ Testreport 80
Prachtstück: die Paramount-Montierung

Teleskoptechnik 84
Alternative: das 30-Euro-Stativ

Neuheiten 87

Computer & Astronomie 88

Astronomie Online 90
Persönlicher Himmelskalender

Bücher/DVDs 92
Westentaschen-Kosmos u. a.

Editorial 3

Leserbriefe 8

▶ Krupps Corner 94
Das Gesicht auf Mars

Preisrätsel 96

Kleinanzeigen 96

Vorschau/Impressum 98

PHILIP PERKINS

Sterne stillgestanden! 76

Wer das Handwerk der Nachführung beherrscht, kann ein Meister der Himmelsfotografie werden

Paramount Millennium Edition 80

Unser Autor hatte das Vergnügen, diese 12 500 € teure Robotermontierung der Luxusklasse zu testen

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

HTTP://EURO-VO.ORG/

88

Matrix der astronomischen Daten

Im August geht ein »Virtuelles Observatorium« online. Wissenschaftliche Daten von Teleskopen sollen weltweit jedermann zur Verfügung stehen

NASA / JPL

94

Marsmärchen

Sehen Sie das Gesicht? Vor rund dreißig Jahren sorgten neue Bilder vom Mars für viel Aufregung und noch mehr Spekulationen – über Pyramiden, Außerirdische und Marsmammuts

NASA UND ACS SCIENCE TEAM

Verschandelter Thron Gottes? Das »Kaleidoskop«-Bild der letzten Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE, diesmal ohne störenden Text.

Feintuning für AH?

Ihre Zeitschrift finde ich super! Nur Ihre Glossare zu Fachartikeln sollten Sie stark erweitern, sonst bleibt wie bei Ihrem Artikel über Sonnen einiges im Dunkeln. Beim Kaleidoskop finde ich es schade, dass der Text das Bild ein Stück weit »verschandelt«.

Jan Schröder, Waltrop

Ihre neue Zeitschrift hat mich sehr angesprochen! Was mir als kleine Feinheit sehr gut gefällt, sind die vielen Querverweise auf weitere Artikel Ihres Heftes. Optimal wäre es, zumindest aus meiner Sicht, wenn die Zeitschrift nur aus den inhaltlichen Artikeln bestehen würde (analog zu Ihrer Stammzeitschrift »Spektrum der Wissenschaft«) und eine separate Zeitschrift für Amateure herausgegeben würde.

Otfried Mang, Altusried

Mit großem Interesse habe ich die ersten beiden Exemplare Ihrer neuen Zeitschrift gelesen. Sie stellt eine gelungene Ergänzung zu »Sterne und Weltraum« dar.

Günter Breitkopf, Berlin

Ihre Juli/August-Ausgabe fand ich äußerst interessant und abwechslungsreich – weiter so!

Richard Grabmair, Geltendorf

Beim Durchblättern Ihrer ersten Ausgabe stand für mich fest, AH wird mein neuer Begleiter werden. Die Auswahl der Themen, die Grafiken, die Beobachtungstipps, die Druckqualität, die Aufmachung des Magazins insgesamt, einfach toll!

Wolfgang Schröder, Rostock

Die Hauptbeiträge waren sehr aufschlussreich. Leider musste ich feststellen, dass auch in AH manche Begriffe fälschlich oder unzutreffend verwendet werden, wie »Energieerzeugung« (Energie kann man nur wandeln) oder »supermassive« Schwarze Löcher (gemeint sind natürlich massereiche Objekte oder solche mit hoher Dichte).

Hans Ackermann, Balzers (Liechtenstein)

Das Inhaltsverzeichnis von AH entspricht nicht meinen Vorstellungen. Ich würde es gut finden, wenn auch der Verfasser angegeben wird. Aber auch Titel und Überschriften entsprechen oft nicht dem Inhalt.

Willi Schulze, per E-Mail

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: (06221) 9126-769
E-Mail: ah@spektrum.com

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

Mal wieder typisch

Editorial Mai/Juni 2003

Typisch für diese Zeiten: Nach wirklich vielen Shuttleflügen kommt es zum zweiten Mal zu einem Unfall und alles wird wieder in Frage gestellt. Dass solche Unterfangen Risiken beinhalten, ist, glaube ich, jedem klar. Natürlich sollten unbemannte Raumflüge stattfinden, da sie je nach Aufgabe wesentlich kostengünstiger und risikoärmer durchgeführt werden können. Aber der Mensch bleibt unersetzbar, weil es bei Projekten dieser Art um den Menschen geht! Ich war wirklich schwer enttäuscht, dass ein Chefredakteur eines Astronomischen Magazins eine solche Meinung vertritt!

Michael Kalverkamp, per E-Mail

Hinweis der Redaktion:
Unter www.wissenschaft-online.de/blatt/d_scicomm_uebersicht haben wir ein Diskussionsforum eingerichtet: »Welche Raumfahrt brauchen wir?« Leserbriefe zu diesem Thema werden wir aber auch weiterhin abdrucken.

Unentschlossen

Astroaufnahmen mit Digitalkameras, AH Juli/August 2003, S. 76

Nachdem nun die dritte Ausgabe Ihres Magazins erschienen ist, ein erster Kommentar: Gesamturteil »gut«. Was mir wirklich gefällt, ist der Mix aus Grundlagen, Beobachtungstipps, Gerätetests und so weiter. Weniger gefällt mir der etwas unentschlossene Mix, Infos an den deutschen

»Sie fragen – Experten antworten«

Wollten Sie schon immer wissen, wie ein Schwarzes Loch von innen aussieht? Was Quasare oder Blazare sind? Und warum manche Forscher die Theorie vertreten, dass die Lichtgeschwindigkeit vor Jahrmilliarden größer war als heute?

Dann stellen Sie uns Ihre Frage zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt. Wir bitten Experten um kompetente Antworten! Die interessantesten Beiträge werden wir ab dem kommenden Heft abdrucken.

Markt anzupassen: Etwa beim TAL-Teleskop geben Sie die deutsche Bezugsadresse an, dann aber beim Artikel über digitale Astrofotografie gleich mehrere Firmen aus den USA. Das erweckt fast den Anschein, als würden Adapter nur von diesen Firmen hergestellt.

Thomas Hecht, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Diesen Eindruck wollten wir nicht vermitteln. Gleichwertige Produkte gibt es natürlich auch in Deutschland. Wo Sie welches Astronomiezubehör kaufen können, ob im Internet oder in Ihrer Nähe, verrät Ihnen zum Beispiel die Internetseite www.astronomie.de/marktplatz

Nicht präzise genug

Testreport Meade LXD55, AH Mai/Juni 2003, S. 74

Auf Seite 77 schreiben Sie in Ihrem Testbericht über das Meade LXD55: »Es gibt nur eine Handvoll moderner, hoch entwickelter Okulare, die für dieses Öffnungsverhältnis geeignet sind …« Könnten Sie dies präzisieren?

Tobias Brunner, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Dazu gehören beispielsweise TeleVue-Okulare der Typen Radian, Nagler oder Panoptic (www.televue.co.uk/eps.htm), die zu Preisen ab etwa 300 € erhältlich sind. Für das Öffnungsverhältnis von f/4 sind die Nagler-Okulare am besten geeignet. Empfehlenswert sind auch die Pentax-XL-Serie (www.telescopes-by-pentax-gmbh.com) sowie LVW-Okulare von Vixen (www.vixen.de). Wichtig bei diesem Öffnungsverhältnis ist eine gute Koma-Korrektur, die sich dann allerdings auch in einem höheren Preis niederschlägt.

Eigenbau

Kleines Feldstecher-Abc, AH März/April 2003, S. 76

Kurz nach Erscheinen Ihres ersten Heftes habe ich mich an den Nachbau der wirklich patenten Feldstechermontierung von Alan Adler gemacht. Die einfache Holzausführung hat sich schon so gut bewährt, dass ich die Feldstecherastronomie, neben der Beobachtung mit dem 20-Zentimeter-Selbstbau-Newton, neu entdecke.

Roland Szlagowski, per E-Mail

Nachbau eines Lesers, der sich Alan Adlers Feldstecherstativ zum Vorbild nahm

ROLAND SZLAGOWSKI

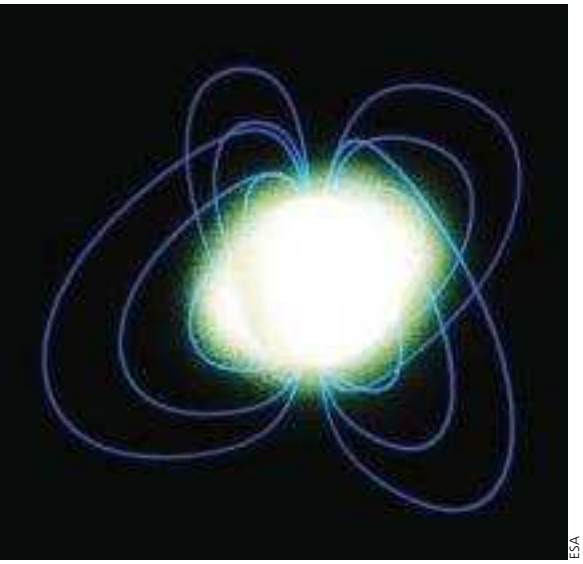
ANZEIGE

NEUTRONENSTERNE

Magnetfeld eines heißen Pulsars

Mit dem europäischen Röntgensatelliten XMM Newton konnte ein internationales Forscherteam jetzt erstmalig die Magnetfeldstärke eines Pulsars direkt messen. Bisherige Methoden basierten auf Radiomessungen der Pulse, deren Abstand ganz langsam zunimmt. Dies schreiben die Forscher dem Umstand zu, dass der Neutronenstern durch sein Magnetfeld langsam abgebremst wird.

1E 1207.4-5209, so der Name der 7000 Lichtjahre entfernten Sternleiche im »Kentaur«, ist noch recht jung und heiß. XMM Newton erhielt daher in seiner mit 72 Stunden bisher längsten Einzelbeobachtung ein Spektrum, in dem eine bestimmte Absorptionslinie besonders deutlich zu Tage tritt. Daraus berechneten die Wissenschaftler die Stärke des Magnetfelds zu etwa acht Millionen Tesla – zirka dem 150-Milliardenfachen des Erdmagnetfelds, aber nur rund einem Dreißigstel des bisher angenommenen Werts für Pulsare. >> dre



ESA

Beim Kollaps einer Sonne zu einem Neutronenstern ist das Magnetfeld in die Materie eingefroren. Durch den geringen Durchmesser von 20 bis 30 Kilometern ergeben sich gigantische Feldstärken.

PLANETENENTSTEHUNG

Ausreichend Zeit für die Entstehung von Gasplaneten?

Planeten wie den Jupiter dürfte es eigentlich gar nicht geben. Die meisten Theorien gehen davon aus, dass die riesigen Gasplaneten mindestens zehn Millionen Jahre lang auf ihre endgültige Größe anwachsen. Sonnenähnliche Sterne scheinen die nach ihrer Geburt um sie rotierenden Gas- und Staubscheiben, aus denen Planeten entstehen, jedoch schon viel früher in den Raum »wegzublasen«, vielleicht schon nach drei Millionen Jahren.

Das frühzeitige Verschwinden der Scheiben bestätigten erst kürzlich wieder Elizabeth Lada von der University of Florida und Karl Haisch von der University of Michigan. Sie hatten Haufen junger Sterne in den Sternbildern Orion und Perseus im Millimeter- und im Infrarotbereich untersucht.

Ihr Ergebnis: Alle Sterne in Haufen mit einem Alter von weniger als einer Million Jahre sind von einer Staubscheibe umgeben. Die Hälfte von ihnen verliert diese nach drei Millionen Jahren, nach sechs Millionen Jahren sind neun von zehn Sternen »nackt«. Doch wie soll in so kurzer Zeit ein Planet wie Jupiter entstehen? Ist vielleicht die Theorie seiner Entstehung falsch?

Des Rätsels Lösung scheinen jetzt Jeff Bary und David Weintraub von der Vanderbilt University in Tennessee gefunden zu haben. Ihrer Ansicht nach umgibt selbst einen scheinbar nackten Stern noch immer eine Scheibe, die aber für uns »unsichtbar« geworden ist.

Die Erklärung dafür: Beim Zusammenklumpen der Materie verringert sich ihre sichtbare Oberfläche, sodass sie weniger Wärmestrahlung im Millimeter- und Infrarotbereich aussendet. Weil die Scheiben meist in genau diesem Bereich beobachtet werden, scheinen sie nach einiger Zeit zu verschwinden.

Bary und Weintraub analysierten daher andere Wellenlängen. Sie untersuchten das von der Röntgenstrahlung der jungen Sterne angeregte Leuchten von Wasserstoffmolekülen in den Gasscheiben. Dieses fanden sie sowohl bei Sternen mit als auch bei solchen ohne Scheiben, und zwar in selber Stärke. Die Forscher schließen daraus, dass sich zwar die Materie in den Staubscheiben binnen drei Millionen Jahren vollständig auf Himmelskörper verteilt hat, dass die Gasscheiben jedoch noch einige Millionen Jahre fortbestehen können.

>> David Tytell

EXOPLANETEN I

Methusalem

Auf ein Alter von 13 Milliarden Jahren schätzen Wissenschaftler den Planeten, den sie mit dem Hubble-Weltraumteleskop in dem 5600 Lichtjahre entfernten Kugelsternhaufen M 4 (siehe S. 34) entdeckt haben. Damit wäre ihr Fund nur siebenhundert Millionen Jahre jünger als das Universum. Er hat die zweieinhalbfache Masse des Jupiters und umkreist einmal in hundert Jahren ein Doppelsternsystem aus einem Weißen Zwerg und einem Pulsar.

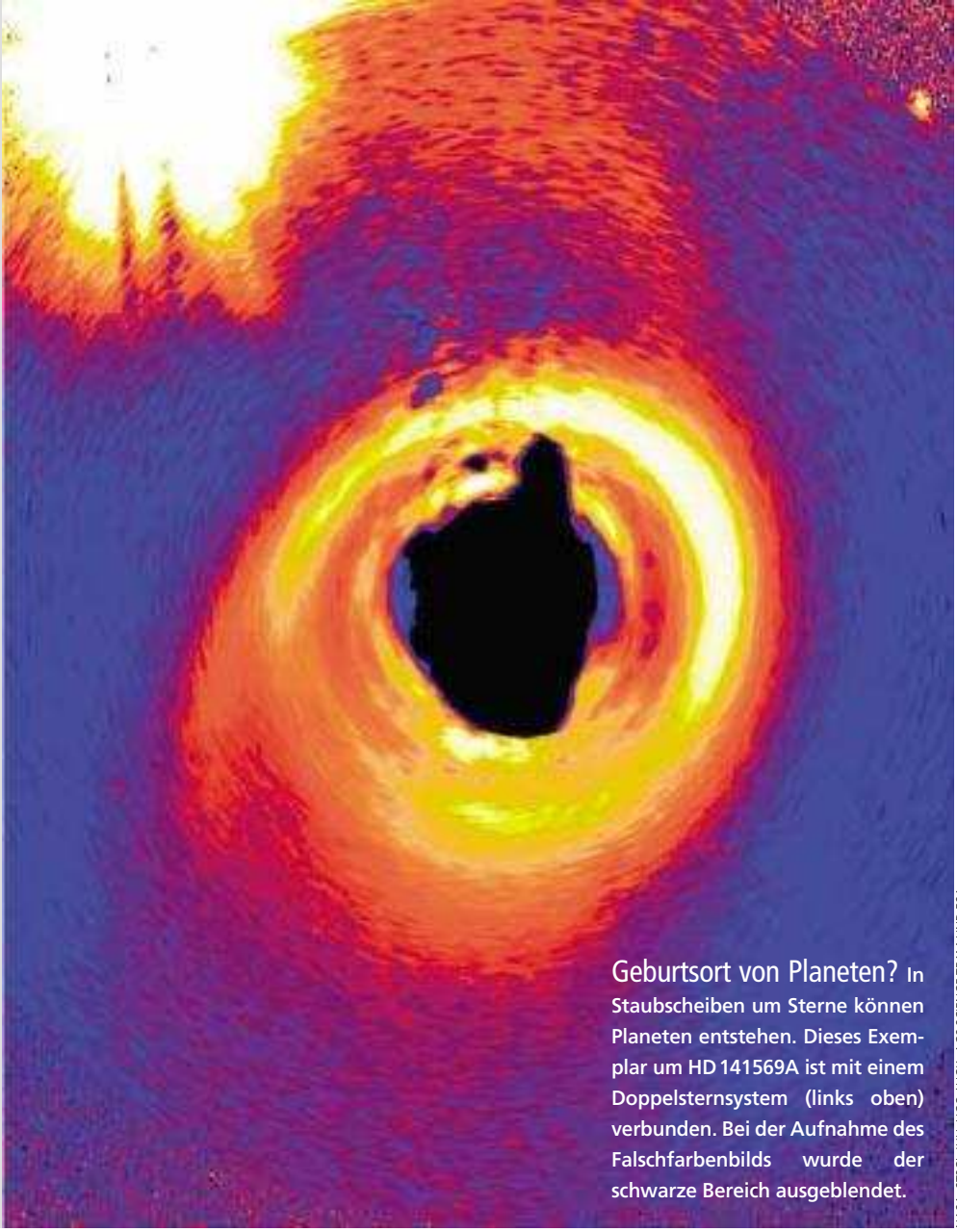
Dass es in diesem System einen Planeten gibt, wurde schon in den 1990er Jahren vermutet. Man nimmt an, dass der Pulsar den Weißen Zwerg gemeinsam mit seinem Planeten eingefangen hat. Unklar bleibt aber, wie der Planet den Tod seiner Sonne überlebte und eine stabile Bahn um beide Sternreste fand.

Bestätigt sich sein Alter, so wirft das die Vorstellungen über die Entstehung von Planeten und die Bildung der Elemente im frühen Universum über den Haufen. Nach der gängigen Theorie gab es vor so langer Zeit nicht genug schwere Elemente, aus denen sich Planeten hätten bilden können. Nun gehen die Astronomen davon aus, dass Planeten möglicherweise viel früher entstanden sind und es wesentlich mehr von ihnen gibt als bisher vermutet.

>> Stephen Koszudowski

►► Sternexplosionen schleudern tausendmal mehr körnige Materie ins Universum als bislang angenommen

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie



Geburtsort von Planeten? In Staubscheiben um Sterne können Planeten entstehen. Dieses Exemplar um HD 141569A ist mit einem Doppelsternsystem (links oben) verbunden. Bei der Aufnahme des Falschfarbenbilds wurde der schwarze Bereich ausgeblendet.

NASA, STSCI, JHU, UCO / LICK, ACS SCIENCE TEAM UND ESA

EXOPLANETEN II

Planeten um Sternleiche

Unserem Sonnensystem extrem ähnlich ist das Planetensystem um den Neutronenstern PSR B1257+12 im Sternbild Jungfrau. Es weist mindestens drei Planeten auf. Sie sind 4,3- und 3,9-mal so schwer wie die Erde, der dritte hat die doppelte Masse des Monds. Das Verhältnis ihrer Abstände ist fast identisch mit dem zwischen Merkur, Venus und Erde. Zumindest von den Bahnen der beiden schwereren Exemplare ließ sich auch ermitteln, dass sie in derselben Ebene liegen.

Daraus schließen Alex Wolszczan von der Pennsylvania State University und Maciej Konacki vom California Institute of Technology, dass sich die Exoplaneten offenbar aus den Überresten des explodierten Vorgängers von PSR B1257+12 gebildet haben.

Die Ergebnisse ihrer über ein Jahrzehnt andauernden Messungen erhärteten, was die beiden Astronomen bereits 1990 glaubten entdeckt zu haben. Dass sich um eine kompakte Sternleiche wie PSR B1257+12 erneut Planeten bilden, ist allerdings erstaunlich. Konackis Kommentar: »Die Entstehung von Planeten könnte ein universellerer Vorgang sein als bislang angenommen.«

>> tk

MILCHSTRASSE

Galaktischer Feger

Mithilfe des weltweit größten Radioteleskops wurde eine neue Satellitengalaxie der Milchstraße entdeckt. Zwar ist »Complex H« schon lange bekannt, wurde aber bisher zu den Hochgeschwindigkeitswolken gezählt – das sind rasch durchs All fegende Gebilde aus der Entstehungszeit der Galaxis.

Complex H bewegt sich in 108 000 Lichtjahren Entfernung hinter der Milchstraßenscheibe und ist nicht so gleichmäßig geformt wie andere Wasserstoffwolken. Vielmehr ist ein langer diffuser Schweif erkennbar, dessen Eigenschaften sich vom Objektkörper selbst deutlich unterscheiden. Offenbar wird Complex H – wie auch bei den Magellan'schen Wolken der Fall – im Schwerefeld der Milchstraße zerrissen.

>> Joachim Schüring

Die Reise von Complex H um die Milchstraße in einer Illustration. Die Begleitgalaxie ist mit rund 33 000 Lichtjahren größer als die Magellan'schen Wolken und enthält etwa sechs Millionen Sonnenmassen Wasserstoff.

NACH: NRAO UND »21ST CENTURY ASTRONOMY«

+ + + Radioastronomen entdecken bisher am weitesten entfernten Megamaser + + + Hinweise auf kleinen Urknall >

Im Zentrum der Macht
Ein Computermodell unserer Galaxis (Mitte, mit waagrechter Scheibe und Halo), umgeben von Satellitengalaxien

FOTO: NASA, SIMULATION: STEFAN GOTTLÖBER / AIP

HIMMELSDURCHMUSTERUNG

Galaktischer Rave

Forscher aus elf Ländern begannen im April dieses Jahres, die Geschwindigkeiten der hellsten fünfzig Millionen Sterne in unserer Milchstraße zu ermitteln. Bis zum Jahr 2010 wird die gigantische Datensammlung abgeschlossen sein. Sie soll unter anderem Belege dafür liefern, dass die Milchstraße während ihrer Wachstumsphase kleine Satellitengalaxien verschlang.

Das von australischen Forschern geleitete »Radial Velocity Experiment« (Rave) wird die Radialgeschwindigkeit der Sterne vermessen. Das ist diejenige Geschwindigkeitskomponente, mit der diese auf die Erde zu oder von ihr weg treiben. So lassen sich die Bewegungen einzelner Gruppen von Sternen in der Milchstraße aufdecken. Auch die Überreste ehemaliger Satellitengalaxien verraten sich durch ihre gemeinsamen Geschwindigkeitsmuster.

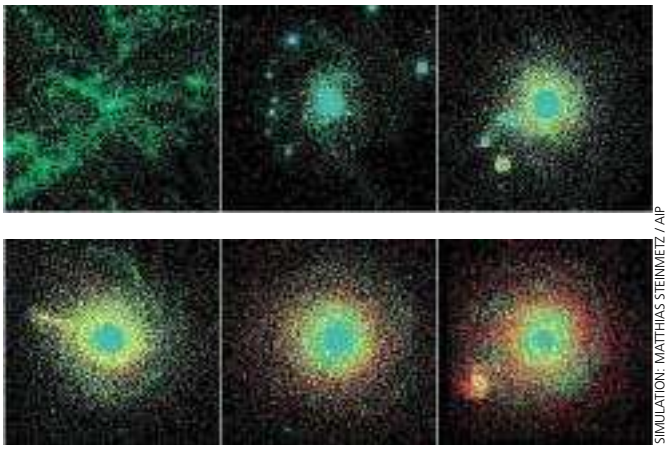
Dieses bislang ehrgeizigste Projekt seiner Art wird am 1,2-Meter-Schmidt-Teleskop des Anglo-Australian Observatory in Südaustralien durchgeführt. Dort nimmt derzeit ein automatischer Spektrograf jede Nacht rund 600 Sterne ins Visier, vorerst allerdings nur in dem Spiralarm unserer Milchstraße, in dem auch unser Sonnensystem beheimatet ist. In drei Jahren soll ein verbessertes Nachfolgeinstrument rund 22 000 Sterne pro Nacht analysieren und die Suche auf die gesamte Galaxis ausdehnen. Für die Untersuchung des nördlichen Sternhimmels ist ein weiteres Instrument geplant.

Frühere Projekte wie die 1993 beendete Esa-Astrometriemission Hipparcos haben zwar bereits die Geschwindigkeiten (und auch Positionen) von mehr als 2,5 Millionen Sternen erfasst, selten jedoch deren radiale Komponente. Dies holt nun Rave nach, das seinerseits als Vorläufer von Gaia betrachtet werden kann. Diese Esa-Weltraummission wird erst Ende des nächsten Jahrzehnts abgeschlossen sein, dann aber sogar rund eine Milliarde Sterne vermessen haben.

Bis auf zwei Kilometer pro Sekunde genau wird Rave die Radialgeschwindigkeiten bestimmen, was einem Messfehler von lediglich einem Prozent entspricht. »Mit dieser Genauigkeit und der Anzahl vermessener Sterne werden wir Dutzende, wenn nicht gar Hunderte von Sternströmen in der Umgebung der Sonne identifizieren können«, erwartet Matthias Steinmetz, Direktor des Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP). Das AIP stellt zusammen mit dem Astronomischen Rechen-Institut in Heidelberg die deutsche Beteiligung am Rave-Projekt.

Da Rave auch die chemische Zusammensetzung der Sterne ermittelt, sind zahlreiche weitere Einblicke in die Geschichte der einzelnen Sterngruppen zu erwarten. >> Thorsten Dambeck

www.aip.de/RAVE/



Futter für die Milchstraße
Eine Computersimulation zeigt, wie die Milchstraße wächst: Sie verschlingt Satellitengalaxien! (von oben links nach unten rechts)

SIMULATION: MATTHIAS STEINMETZ / AIP

PLUTO

Aufgebläht

Sehr überrascht war James Elliot vom Massachusetts Institute of Technology, als er feststellte, dass sich Plutos Atmosphäre ausdehnt. Nachdem der Planet 1989 den sonnennächsten Punkt seiner Bahn erreicht hatte, sollte seine Stickstoffhülle eigentlich wieder abkühlen und damit auch schrumpfen. Stattdessen stieg ihre Temperatur um ein Grad Celsius. Elliot nimmt nun an, dass dabei ein auch auf der Erde bekannter Verzögerungseffekt im Spiel ist: Hier ist der heißeste Monat August, obwohl die Erde schon im Juni der Sonne am nächsten steht. Die Wissenschaftler um Elliot vermuten nun, dass die Atmosphäre erst in zehn Jahren abzukühlen beginnt. Genaueres wird dann auch die Sonde »New Horizons« berichten, die 2006 zu Pluto starten soll. >>Stephen Koszudowski

> Nasa-Solarflugzeug Helios bei Absturz zerstört +++ Experten sollen über Zukunft des Hubble-Weltraumteleskops entscheiden

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

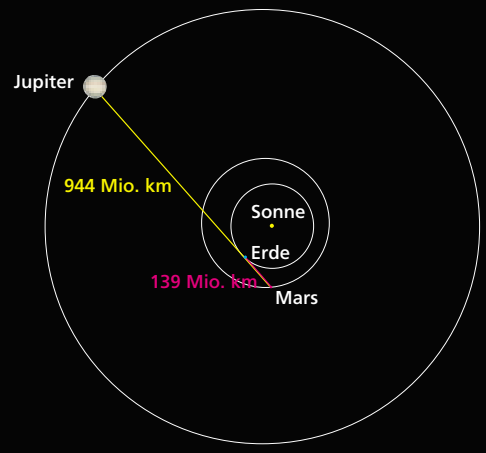
FOTOS VON MARSSONDE

Die Erde als ferner Planet

BEIDE BILDER: NASA / JPL / MALIN SPACE SCIENCE SYSTEMS

Winzige Welten inmitten von Finsternis. Am 8. Mai machte die um Mars kreisende Sonde Mars Global Surveyor (MGS) diese Aufnahmen. Links unser Heimatplanet samt Mond aus 139 Millionen Kilometern Entfernung (helle Fläche: der amerikanische Kontinent). Jupiter und seine Trabanten, siebenmal weiter entfernt, hatte MGS ebenfalls im Visier (oben). Von links nach rechts aneinander gereiht: Kallisto, Ganymed, Jupiter und Europa.

Außerdem nutzte die Sonde ihre günstige Position (rechts), um erstmals von einem anderen Himmelskörper aus eine Planetenkonjunktion zu fotografieren. Die Aufnahme, auf der Erde und Jupiter als winzige Scheibchen zu sehen sind, finden Sie unter www.msss.com/mars_images/moc/2003/05/22. >> tk



GRAFIK: ASTRONOMIE HEUTE

Einmalige Gelegenheit
Die MGS-Bilder zeigen die erste Planetenkonjunktion, die nicht von unserer Heimatwelt aus beobachtet wurde.

MARS

Nicht in jedem Canyon floss Wasser

Genau wie an einem irdischen Strand wird auch auf dem Mars feiner Sand von der Sonne rascher erwärmt als blanker Fels, der seinerseits seine Wärme nach Sonnenuntergang aber viel länger speichert. Das Thermal Emission Imaging System (Themis) an Bord der im April 2001 gestarteten Mars Odyssey macht sich diese Wärmespeicherkapazitäten der unterschiedlichen Gesteine zu Nutze und liefert so zuverlässige Hinweise auf die geologische Beschaffenheit der Marsoberfläche.

Diese Infrarotbilder zweier Krater im Chryse-Becken zeigen das unterschiedliche Temperaturverhalten beim Wechsel von Tag (links) zu Nacht (rechts).

Forscher um Philip Christensen von der Arizona State University haben auf diese Weise nun entdeckt, dass nicht jeder Canyon unbedingt ein altes Flussbett sein muss. In dem viereinhalb Kilometer tiefen Ganges Chasma, der Teil des 5000 Kilometer langen Valles Marineris ist, strömte es ganz sicher nie. Denn an dessen Grund stieß Themis auf das Mineral Olivin, das in Gegenwart von Wasser unbeständig ist. Selbst wenn Ganges Chasma nur für kurze Zeit geflutet gewesen wäre, hätte sich das Mineral bereits umgewandelt.

>> Joachim Schüring

http://mars.jpl.nasa.gov/odyssey/

Wasser auf dem Mars. Über die Jahrzehnte hinweg wandelte sich bei den Fachleuten die Vorstellung von früheren Vorkommen.

+++ Neuer Galaxientyp entdeckt +++ Erste Karte hochenergetischer Neutrinos +++ Planetenbildung im frühen Universum >

VERÄNDERLICHE STERNE

Pulsierende Sonnen in Riesengalaxie

Gegen Ende ihres Lebens geht Sternen die Puste aus, ihr Brennstoffvorrat neigt sich dem Ende zu. Manche von ihnen werden in dieser Phase instabil und beginnen zu »pulsieren«: Sie dehnen sich aus und erscheinen dadurch heller, später schrumpfen sie wieder und werden dunkler.

Nun entdeckte ein Team um Marina Rejkuba von der Europäischen Südsternwarte (Eso) ein ganzes Heer solcher Pulsationsveränderlicher. Die rund tausend in der nahen elliptischen Riesengalaxie Centaurus A (»Cen A«) aufgespürten veränderlichen roten Sonnen heißen nach ihrem Namensgeber im Sternbild Walfisch auch Mira-Veränderliche (»Miras«).

Bei Mira selbst verdoppelt sich der Radius während der Pulsation, ihre Helligkeit steigt um das Tausendfache (siehe »Überraschung an der Himmelskuppel«, AH Juli/August 2003, S. 92). Forscher versprechen sich nun neue Erkenntnisse über elliptische Riesengalaxien, die vor allem im frühen Universum beim Zusammenschluss von Galaxien zu Haufen eine wichtige Rolle spielten.

Gleichzeitig dienen die gefundenen Miras als »Standardkerzen«. Da ihre tatsächliche Leuchtkraft bekannt ist, lässt sich aus ihrer scheinbaren Helligkeit die Entfernung zu Cen A ermitteln. Mithilfe der Miras wurde diese zu 13,7 Millionen Lichtjahren bestimmt, was frühere Messungen bestätigt.

In der Milchstraße sind einige tausend Mira-Veränderliche bekannt, weitere Hunderte entdeckte man in nahen Galaxien. Ein Fund wie der in Cen A, der uns am nächsten gelegenen Riesengalaxie, ist bislang einmalig.

>> Stephen Koszudowski

Riesin in unserer Nähe
Cen A ist die uns nächstgelegene elliptische Riesengalaxie. Großteleskope lösen darin sogar einzelne Sterne auf (Detailbild oben).

PREIS FÜR KOMETENENTDECKER

Jagdglück

PHILIPP ROTHE

Preisträger
Sebastian Hönig

Für die Entdeckung von Komet C/2002 O4 wurde Sebastian Hönig mit dem »Edgar Wilson Award« geehrt. Der Heidelberger Astronomiestudent erhielt den 1998 gestifteten Geldpreis gleichzeitig mit zwei Japanern, einem Brasilianer und einem US-Amerikaner. Der Preis richtet sich an Amateure, die mit ihrer privaten Ausrüstung neue Kometen aufspüren.

Erstmals seit 1946 war mit C/2002 O4 wieder eine Kometenentdeckung im optischen Bereich aus Deutschland gemeldet worden (siehe Interview »Der Zufallstreffer« in AH März/April 2003, Seite 60). Seinen Erfolg verdankt Hönig auch der Tatsache, dass zu diesem Zeitpunkt drei von vier Kometenbeobachtungsprogrammen nur eingeschränkt arbeiteten. >> tk

NACHTLEUCHTENDE WOLKEN

Wolkenmacher

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Katlenburg-Lindau haben einen ersten Hinweis auf die Entstehung so genannter Nachtleuchtender Wolken (»Noctilucent Clouds«) gefunden. Insbesondere im Sommer bilden sich diese in achtzig Kilometer Höhe bei Temperaturen von bis zu minus 140 Grad Celsius. Seit Jahrzehnten war die Ursache dieses Phänomens umstritten, denn in dieser großen Höhe ist es für Wolken eigentlich zu trocken.

Einen Verursacher haben Forscher jetzt mithilfe des Mahrsi-Satelliten auf frischer Tat ertappt: die US-Raumfähren! Bereits im August 1997 war Mahrsi mit dem Shuttle Discovery ins All gestartet und hatte dort schon wenige Stunden später eine 1100 Kilometer lange und drei Kilometer breite Wasserdampfschwade beobachtet, die rasch nach Norden wanderte. Unmittelbar zuvor hatte die Raumfähre in jener Höhe rund 300 Tonnen Treibstoff verbraucht, dessen Abgase fast zu hundert Prozent aus Wasserdampf bestehen. Einen Tag später hatte dieser bereits die Arktis erreicht und war dort zu Nachtleuchtenden Wolken auskondensiert.

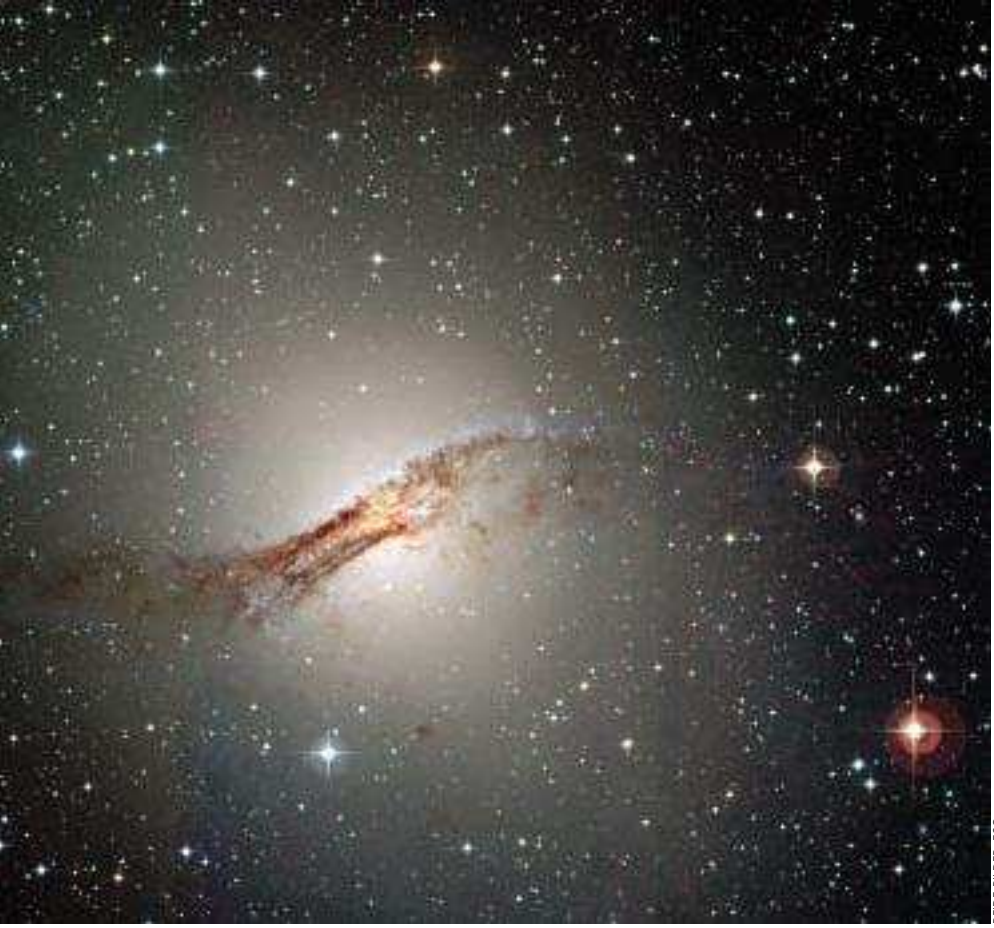
Wie das Wasser so schnell in die Arktis gelangte, ist unklar. Keines der gängigen Klimamodelle sagt so rasche Winde voraus. Sicher ist nur eins: Die Raumfähren und all die anderen Raketen sind nicht die allein verantwortlichen Wolkenmacher. >> Joachim Schüring

S&T

Leuchtende Nachtwolken
Jetzt scheint eine Ursache der mysteriösen Leuchterscheinungen gefunden zu sein.

> Astronomen finden bisher nächsten Quasar mit Gravitationslinse +++ Stürme auf Saturn lassen nach +++ »Schaumtheorie«

Meldungen zu diesen und anderen Themen finden Sie unter www.wissenschaft-online.de/astronomie



BEIDE BILDER: ESO

AUSSERGEWÖHNLICHER STERN

Rotierendes Smartie

Jeder rotierende Stern oder Planet ist statt kugelrund um den Äquator herum ein wenig fülliger. Der Grund dafür sind die aus der Drehung resultierenden Fliehkräfte, die am Äquator kräftiger zerren als im Bereich der Pole. Der Effekt ist meist so winzig, dass uns Sonne, Mond und Erde dennoch rund wie eine Kugel erscheinen.

Anders bei Achernar, dem hellsten Stern im südlichen Sternbild Eridanus. Armando Domiciano de Souza vom Observatoire de la Côte d'Azur konnte den 145 Lichtjahre entfernten Stern mit dem Very Large Telescope in der chilenischen Atacama-Wüste in bisher unerreichter Auflösung vermessen.

Dabei stellte er fest: Der Abstand von Achernars Mittelpunkt zu seinem Äquator ist um mindestens die Hälfte größer als der zu seinen Polen. Nur ein anderer flacher Stern ist bisher bekannt, Atair, dessen eine Achse rund 14 Prozent länger ist als die andere.

Achernar, der sechsmal so schwer wie die Sonne und an seiner Oberfläche 20 000 Grad Celsius heiß ist, stellt die Astronomen vor ein Rätsel. Vermutlich dreht er sich schneller als angenommen und erreicht am Äquator eine Rotationsgeschwindigkeit von bis zu 300 Kilometer pro Sekunde. Vielleicht rotieren seine Materieschichten aber auch nicht einheitlich, wie das viele Modelle annehmen. Stattdessen könnten die Gase in unterschiedlicher Tiefe des Sterns mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten strömen. >> Joachim Schüring

ESO

Formverlust **Extreme Fliehkräfte geben Achernar die Gestalt eines riesigen Smartie (der Pfeil markiert die Rotationsachse).**

METEORITE

Zerplatzter Kleinplanet

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON BIRGER SCHMITZ

Kapitaler Fund. **Die Steinbrucharbeiter Sören (links) und Steg Thor (rechts) und der Archäologe Mario Tassinari präsentieren die Steinplatte mit dem fossilen Meteoriten »Archeologen 007«.**

Forscher der Rice University in Houston um Birger Schmitz sind in Kalksteinschichten Südschwedens auf Zeugnisse der Kollision zweier Gesteinsbrocken aus dem Asteroidengürtel gestoßen. Bei diesem Zusammenprall, der vor etwa 480 Millionen Jahren stattfand, regnete ein Meteoritenschauer vermutlich einige Millionen Jahre lang auf die Erde herab.

Das Ergebnis sind Ablagerungen unzähliger, meist sandkorngroßer Chromitminerale im Erdboden, deren Eisen-, Titan- und Magnesiumanteile sich deutlich von denen irdischer Herkunft unterscheiden. Ihrer chemischen Ähnlichkeit wegen sind sich die Wissenschaftler sicher: Die kosmischen Körnchen stammen alle von ein und demselben Mutterkörper aus dem Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter.

Der sensationelle Fund ist schwedischen Steinbrucharbeitern zu verdanken, denen auffiel, dass der ansonsten feine Kalkstein gelegentlich mit schwarzen Einschlüssen verunreinigt war.

>> Joachim Schüring

bei Columbia immer wahrscheinlicher + + + Kometensonde Rosetta wird Churyumov-Gerasimenko anfliegen >

Abstieg zum Roten Planeten: Mit einer Geschwindigkeit von mehr als einem halben Kilometer pro Sekunde rast das Landemodul durch die Marsatmosphäre.

Dreihundert Meter über der Oberfläche wird der Lander ausgeklinkt. Die ihn umgebenden Airbags entfalten sich. Ein Fallschirm bremst seinen rasanten Sturz.

MARS-MISSIONEN

Invasion von der Erde

Drei mit wissenschaftlichen Instrumenten vollgestopfte Sonden werden zur Jahreswende auf dem Roten Planeten landen.

Den Anfang macht die europäische Raumsonde Mars Express, deren Landeroboter Beagle 2 bereits am ersten Weihnachtsfeiertag 2003 auf der Oberfläche des Roten Planeten niedergehen soll. Kurz danach schwenkt die japanische Sonde Nozomi in einen Marsorbit ein.

Im Januar folgen die beiden Mars Exploration Rover der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa, die genau um 180 Grad versetzt auf der Marsoberfläche landen sollen (siehe Karte oben rechts).

Spätestens im Frühjahr 2004 wird daher eine wahre Datenflut vom Roten über den Blauen Planeten hereinbrechen.

Meridiani Planum

Opportunity, der zweite der beiden Mars Exploration Rover, soll hier am 25. Januar 2004 landen. Meridiani Planum ist reich an mineralischem Hämatit. Forscher vermuten daher, dass es hier einst heiße Quellen gab. Opportunity untersucht mithilfe eines hochauflösenden Mikroskops Größe und Ausrichtung der Hämatitkörner, um festzustellen, wie sie entstanden.

Gusev-Krater

Quasi auf der gegenüberliegenden Marshemisphäre soll Spirit, der erste der beiden Mars-Rover, niedergehen. Dort wo ein 900 Kilometer langes Tal in den Krater mündet, haben sich besonders viele Sedimente angesammelt. Spirit soll deren Inneres mithilfe von Röntgenstrahlen untersuchen. Daraus läßt sich die Geschichte der Sedimente ablesen und feststellen, ob es hier einmal Wasser gab.

Der in Airbags gehüllte Mars-Lander prallt einige Male vom Boden ab, bis er zum Stillstand kommt.

Der europäische Roboter Beagle 2 entnimmt kurz nach der Landung auf der Marsoberfläche Bodenproben und untersucht diese auf Lebensspuren.

4. Juli 1998

Die japanische Sonde Nozomi startet vom Weltraumbahnhof Kagoshima.

2. Juni 2003

Beagle 2 startet vom Kosmodrom Baikonur in Kasachstan.

10. Juni & 7. Juli 2003

Start der beiden Nasa-Mars-Exploration-Rover von Cape Canaveral

25. Dezember 2003

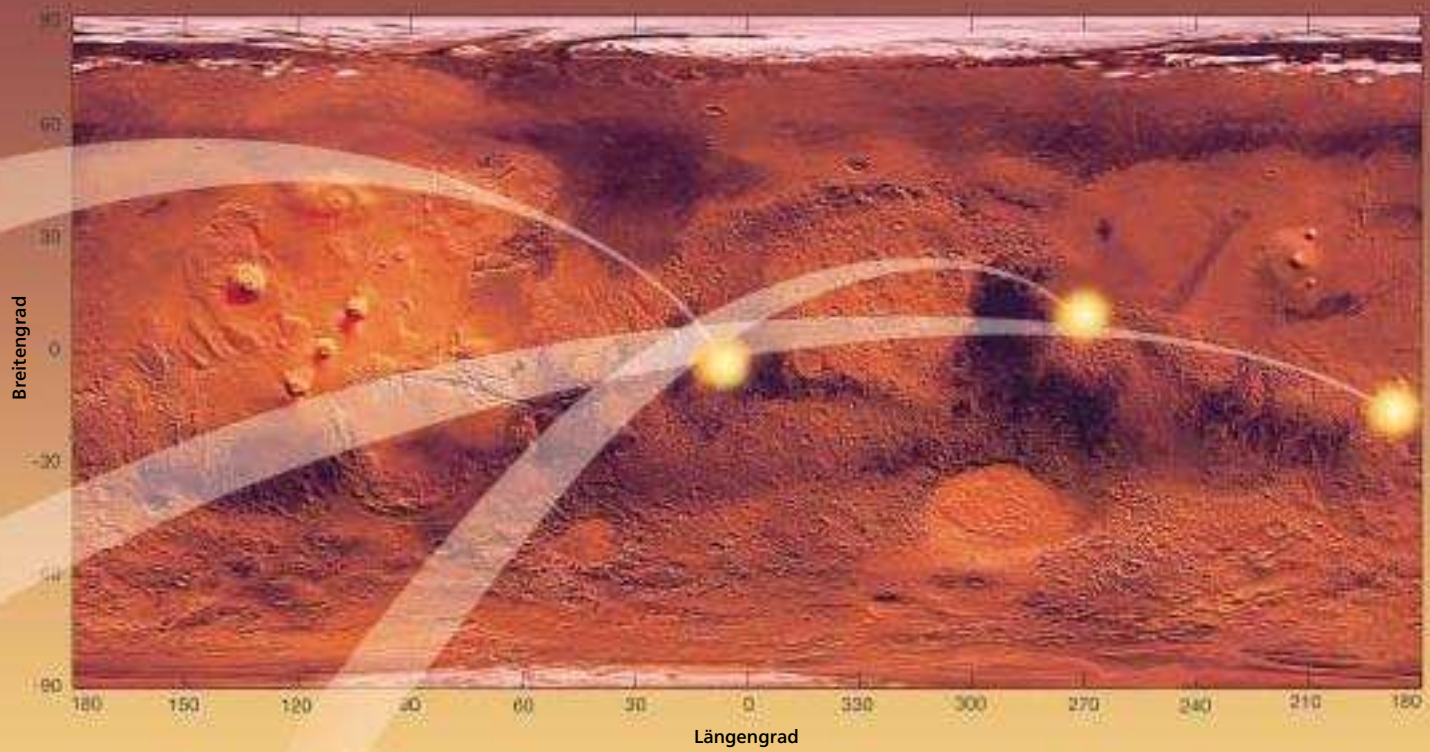
Mars Express klinkt Beagle 2 am Roten Planeten aus.

Ende 2003 / Anfang 2004

Nozomi schwenkt auf eine Umlaufbahn um Mars ein.

4. & 25. Januar 2004

Die beiden Mars-Rover landen auf dem Roten Planeten.



GRAFIK: CLIFF SAUNDERS UND ANN THOMSON; FOTOS: NASA, ESA, ISAS, BEAGLE 2; MIT FRDL. GENEHMIGUNG VON NATURE VOL. 423

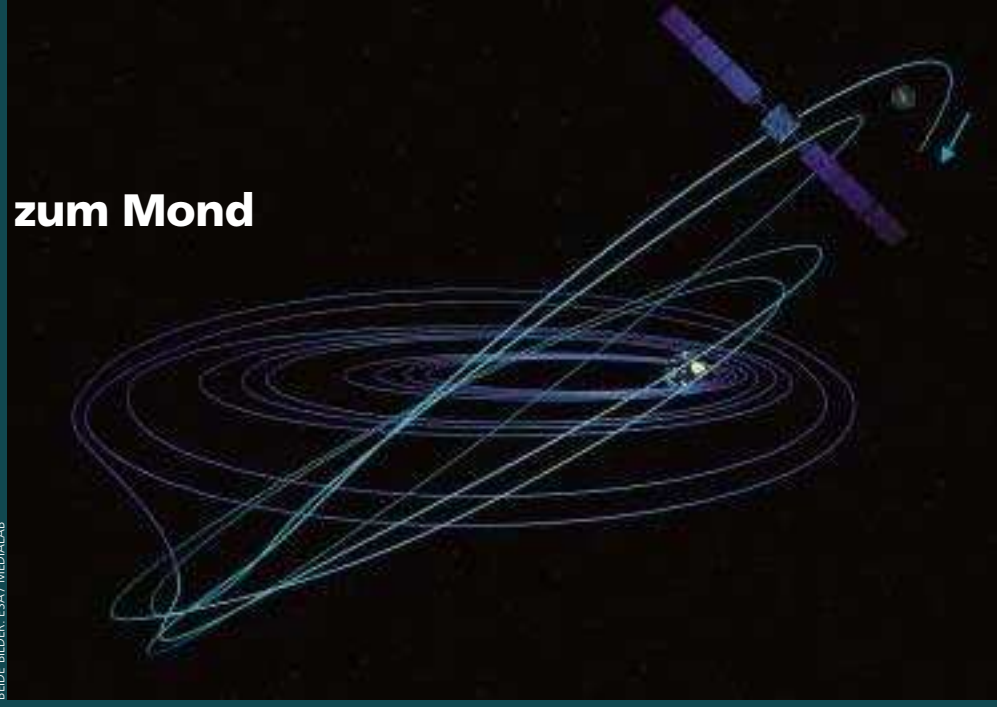
Isidis Planitia

Die europäische Marssonde Beagle 2 soll in dem 1600 Kilometer breiten Krater landen. In den dort vorhandenen Vulkankegeln und unterirdischen Kanälen könnten durchaus Überreste früheren Lebens zu finden sein. Mit seinem bordeigenen Ofen erhitzt Beagle 2 kohlenstoffhaltige Steine, um eventuell darin vorhandene Lebensspuren zu entdecken.

Nachdem sich die Solarzellen entfaltet haben, beginnt der Mars Exploration Rover mit der Erforschung seiner Umgebung.
Eine interaktive Version dieser Seite finden Sie unter www.nature.com/nature/focus/mars.

SMART-1

Im Schneckentempo zum Mond



BEIDE BILDER: ESA / MEDIALAB

Am 28. August schießt die Europäische Weltraumagentur Esa ihre erste Mondsonde »Smart-1« ins All. Geht alles glatt, so soll nach dem Start auf einer Ariane-5-Rakete ein neuartiges Ionentriebwerk zum Einsatz kommen. Dieses soll die Distanz zur Erde kontinuierlich vergrößern, bis schließlich die Anziehungskraft des Mondes den Späher nach 16 Monaten einfängt.

Zwar erlaubt der schwache Ionenantrieb verglichen mit herkömmlichen chemischen Triebwerken nur ein Schneckentempo. Auf längeren Strecken ist er auf Grund seiner geringeren Treibstoffmasse und den höheren Endgeschwindigkeiten deutlich im Vorteil. Mit ihrer ersten Mondmission will die Esa diese neue Antriebstechnologie erstmals unter Weltraumbedingungen testen. In wenigen Jahren könnte ein Ionenantrieb die gemeinsam mit Japan geplante Merkursonde »BepiColombo« (siehe unten) zum sonnennächsten Planeten befördern.

Auf seinem elliptischen Orbit wird sich Smart-1 unserem Trabanten bis auf 300 Kilometer nähern. An Bord der nur rund 370 Kilogramm schweren Raumsonde: neun Experimente aus neun

PLANETENERKUNDUNG

Neuer Anlauf zum Merkur

NASA

Fast unser ganzes Wissen über Merkur stammt, wie auch diese Nahaufnahme, von der Mariner-10-Mission aus den Jahren 1974/75.

Eine kleine, recht überschaubare und von Kratern übersäte Welt, deren Temperatur zwischen der Tag- und Nachtseite stark schwankt – so präsentiert sich der sonnennächste Planet Merkur den Forschern. Und gibt ihnen dabei große Rätsel auf: Die Gründe für seine hohe Dichte und sein Magnetfeld liegen nach wie vor im Dunkeln. Fragen nach seiner geologischen Aktivität und die Ursachen für die schweren Kollisionen, die der Planet in seiner Vergangenheit erlitten hat, sind ebenfalls noch ungeklärt.

Ohne die Entwicklung von Merkur zu verstehen, kann man aber auch die Entstehung der Erde schlecht erklären. Daher bereitet die europäische Weltraumagentur Esa in Zusammenarbeit mit japanischen Wissenschaftlern derzeit eine Mission zum innersten aller neun Planeten vor: Die aus drei Teilen bestehende Sonde »BepiColombo«, die nach dem italienischen Wissenschaftler und passionierten Merkurforscher Giuseppe (»Bepi«) Colombo (1920–1984) benannt ist, soll im Jahr 2010 ihre Reise zum sonnennächsten Planeten antreten. Zwei Komponenten werden Merkur umkreisen und kartieren, während die dritte Oberflächenproben einsammelt.

>> Stefanie Reinberger

FORTBEWEGUNG IM ALL

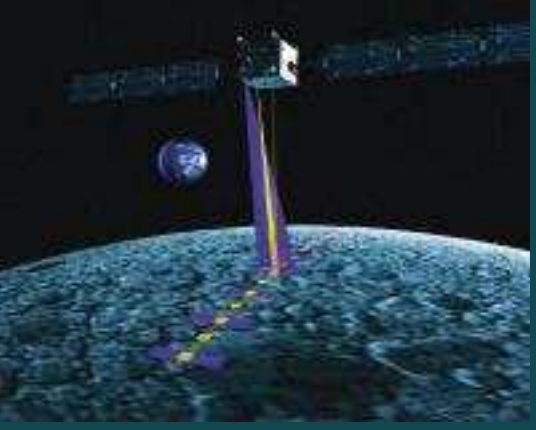
Der Traum vom Sonnensegel

Nicht nur Science-Fiction-Autoren träumen davon, in lichtgetriebenen Raumschiffen durch das All zu reisen. Wenn die Planetary Society – eine private Stiftung, deren Ziel die Erforschung des Weltalls ist – im September mit »Cosmos-1« das erste Sonnensegel startet, wird dieser Traum vielleicht Realität.

Das Konzept dieser Segel ist einfach: Das von der Sonne kommende Licht wird vom Segel »total reflektiert«, das heißt, alle am Segel ankommenden Lichtteilchen werden zurückgespiegelt. Dabei übertragen die Photonen ihren Impuls auf das Segel und beschleunigen es.

Der Physiker Thomas Gold behauptet nun, das Konzept widerspräche der zur Thermodynamik gehörenden »Regel von Carnot«. Diese besagt, dass Energie, wie zum Beispiel Bewegungsenergie, nur aus einem Temperaturunterschied gewonnen werden kann. Auch das Sonnenlicht hat

> **Mars Express: Weltraumkamera besteht ersten Test +++ XMM Newton gewährt tiefen Blick ins All +++ Nach Blackout von**



Langsam pirscht sich Smart-1
an den Erdtrabanten heran. Das linke Bild zeigt seine komplizierte Flugbahn. Mit dem Infrarot-Spektrometer SIR soll vor allem die Südpolregion auf Wassereis untersucht werden (oben).

Ländern. Darunter auch das Infrarot-Spektrometer »SIR«, das am Max-Planck-Institut für Aeronomie in Katlenburg-Lindau (Harz) entwickelt wurde. Es soll die Mondoberfläche auf ihren Mineraliengehalt untersuchen und das Rätsel um das Wassereis am Mondsüdpol lüften helfen.

1998 hatte der US-Mondsatellit »Lunar Prospector« überraschend große Mengen Wasserstoff am Südpol des Erdtrabanten gefunden. Könnten dort Eisvorkommen aus früheren Kometeneinschlägen im trockenen Mondstaub überdauert haben? Smart-1 soll die lunare Eissuche fortsetzen.

»Wir werden uns auch die Schattenzonen einiger Südpolkrater ansehen. Dort herrscht zum Teil ewige Nacht«, erklärt SIR-Projektmanager Andreas Nathues. Das wären recht günstige Bedingungen für altes Kometeneis. Doch SIR benötigt etwas Streulicht von den Kraterrändern, um Hinweise auf Wassereis zu finden. Nathues: »Diese Gratwanderung ist selbst für unser empfindliches Gerät eine Herausforderung.«

>> Thorsten Dambeck

eine bestimmte Temperatur. Wird es reflektiert, so ändert sich diese nicht – es wird also keine Bewegungsenergie gewonnen. Nur mit einer stark absorbierenden Oberfläche wäre es möglich, das Sonnensegel anzutreiben, da Segel und Strahlung dann am Anfang unterschiedliche Temperaturen aufwiesen. Doch selbst dieses Konzept scheitert: Nach wenigen Sekunden wären beide gleich warm und der Effekt damit aufgehoben.

Die Planetary Society hält die Kritik für unberechtigt, denn die Regel von Carnot gelte nur für große Systeme und nicht für die winzigen Lichtteilchen. Zudem werde die Theorie des Sonnensegels durch viele Experimente gestützt.

Der Streit wird wohl erst im September beigelegt werden können: Dann nämlich hängt Cosmos-1 entweder in der Flaute oder segelt munter davon.

>> Stephen Koszudowski

NASA

Kreuzfahrt durchs All
Sonnensegel sind nach Ansicht der Planetary Society eine Alternative zu konventionellen Antrieben in der Raumfahrt.

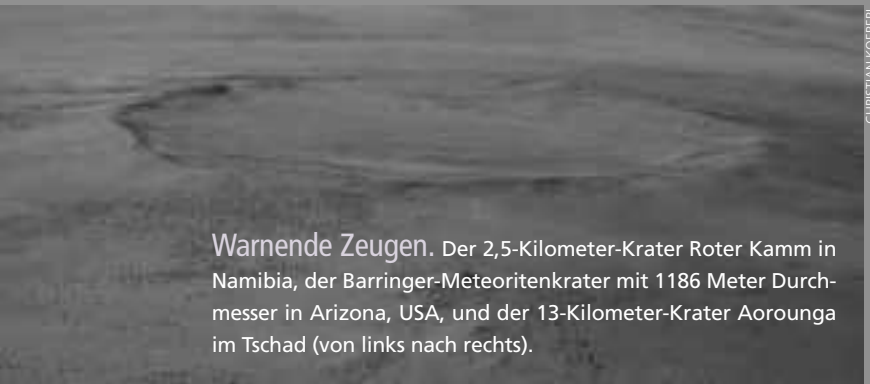
Sonnensatellit Soho keine Frühwarnung vor Sonnenstürmen mehr ◀◀

ANZEIGE

»GLOBAL KILLERS« –

Riesige Gesteinsbrocken rasen durch unser Sonnensystem, manche davon auf Kollisionskurs mit der Erde. Da ihre Einschläge weltweite Katastrophen auslösen könnten, arbeiten Forscher an der rechtzeitigen Entdeckung erdnaher Objekte.

>> Michael Vogel



CHRISTIAN KOEBERL

Warnende Zeugen. Der 2,5-Kilometer-Krater Roter Kamm in Namibia, der Barringer-Meteoritenkrater mit 1186 Meter Durchmesser in Arizona, USA, und der 13-Kilometer-Krater Aorounga im Tschad (von links nach rechts).

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

ASTROFOTO

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

GEFAHR AUS DEM ALL

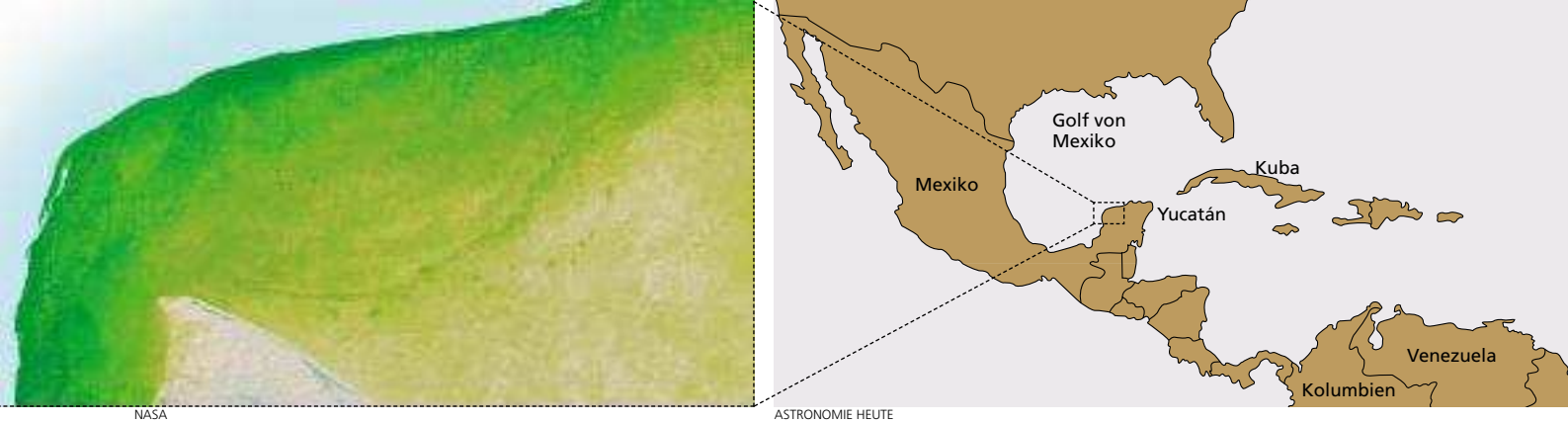
Ein Lichtpunkt am Himmel über einer kreidezeitlichen Landschaft kündigt die Katastrophe an. Als er immer heller wird und beginnt, eine Leuchtspur zu ziehen, blickt vielleicht der ein oder andere Dinosaurier nach oben und beobachtet argwöhnisch das seltsame Objekt. Zur Flucht ist es jetzt schon zu spät:

CHRISTIAN KOEBERL

Sekunden später schlägt ein zehn Kilometer großer Felsbrocken mit einer Geschwindigkeit von 25 Kilometer pro Sekunde einen riesigen Krater in den Erdboden.

Die Sprengkraft dieses Ereignisses übersteigt alles, was den Bewohnern der Erde bis heute widerfahren ist. Alles Leben in der unmittelbaren Umgebung des Einschlagorts geht sofort zu Grunde. Ein gewaltiger Feuerball steigt von der Erde auf, lässt Tiere und Pflanzen verbrennen oder verdampft sie einfach. Selbst den Lebewesen, die sich vor dem Feuertod retten können, droht Gefahr. Lang gezogene Wasserwellen überqueren die Ozeane mit der Geschwindigkeit eines Flugzeugs. Schlagen solche »Tsunamis« an die Küsten der Kontinente, türmen sie sich zu riesigen Brechern auf und überschwemmen die küstennahen Gebiete.

Aus dem neu entstandenen Krater, 900 Meter tief und 170 Kilometer breit, werden Milliarden Tonnen schwefelhaltigen Staubs in die Luft geschleudert. Ein Teil davon schießt bis in die Hochatmosphäre, wo er sich in kurzer Zeit über den ganzen Erdball verteilt. Die Staubwolken in der Atmosphäre tauchen unseren Planeten fortan in ein Dämmerlicht. Tagsüber löst nur ein fahles Grau die Schwärze der Nacht ab. Es wird kalt, weil die wärmenden Sonnenstrahlen die Erdoberfläche nicht mehr errei- >



NASA ASTRONOMIE HEUTE

Ausgangspunkt einer globalen Katastrophe. Den Rand des 170-Kilometer-Kraters Chicxulub auf der mexikanischen Halbinsel Yucatán markiert noch heute eine bis zu 5 Meter tiefe und 5 Kilometer breite Mulde (links, dunkler Halbkreis nahe der Bildmitte).

> chen. Der Anteil des Kohlendioxids in der Atmosphäre steigt, denn die zuvor noch üppige Vegetation wandelt es wegen des fehlenden Sonnenlichts nicht mehr in Sauerstoff um.

Nicht nur verheerende Waldbrände setzen der Fauna und Flora zu. Der Schwefel in der Luft lässt den Regen sauer werden. Flüsse und Seen verwandeln sich in Säurebäder. Die Dinosaurier sind den veränderten Lebensbedingungen nicht gewachsen und verschwinden von der Erde, mit ihnen zwei Drittel der Tier- und Pflanzenarten.

Erholung nach kosmischem Inferno

Nach dem Inferno, das aus dem Kosmos kam, erholt sich die Erde nur langsam. Zwar wäscht der Regen im Lauf eines halben Jahres die Staubpartikel aus der Atmosphäre aus. Ein Teil von ihnen sinkt auch einfach langsam auf die Erdoberfläche zurück. Sonnenstrahlen dringen wieder bis zum Boden durch und erwärmen ihn. Die Pflanzen beginnen wieder mit der Fotosynthese.

Doch die Bedrohung ist noch nicht vorüber: Stickstoffoxide, die schon für den sauren Regen mitverantwortlich waren, haben inzwischen die Ozonschicht der Atmosphäre zerstört. So gelangt die ultraviolette Strahlung der Sonne fast ungefiltert auf die Erdoberfläche und schadet dem Wachstum von Tieren und Pflanzen. Bis das Ökosystem der Erde wieder einen stabilen Zustand erreicht, wird es noch Jahrmillionen dauern.

Tatsächlich scheint der inzwischen als Chicxulub bezeichnete Krater auf der mexikanischen Halbinsel Yucatán die heute noch sichtbare Narbe jenes kosmischen Einschlags zu sein, der vor rund 65 Millionen Jahren das Ende nicht nur der Dinosaurier besiegelte. Bis vor zwanzig Jahren glaubten die meisten Paläontologen, dass starker Vulkanismus den urzeitlichen Riesen zum Verhängnis wurde. Mittlerweile gehen die Forscher aber davon aus, dass sie an den Folgen des Chicxulub-Einschlags zu Grunde gingen. Auch andere, frühere Massensterben dürften auf das Konto verheerender Einschläge kilometergroßer Meteoriten gehen. Die jüngste Studie zu diesem Thema hat Hinweise auf einen Meteoriteneinschlag im Gebiet des heutigen Marokko vor 380 Millionen Jahren gefunden. Diesem könnten, den Forschern zufolge, rund vierzig Prozent der damaligen Meerestierarten zum Opfer gefallen sein.

DAVID FARLEY

»Die Erde entging heute nur knapp dem Zusammenstoß mit einem Asteroiden. Wissenschaftler warnen, dass eine Kollision gravierende Folgen für das Leben auf der Erde haben könnte.«

Irrläufer aus dem All

Doch brennt die Frage nach dem Dinosauriersterben wirklich nur den Erforschern der Erdgeschichte auf den Nägeln? Was, wenn erneut ein Irrläufer aus dem All auf die Erde stürzt – in zehn Jahren, in sechs Monaten oder vielleicht schon morgen?

Auf unseren Heimatplaneten prasseln täglich bis zu 400 Tonnen Materie aus dem Weltraum. Meist handelt es sich um kleine und mikroskopische Staubpartikel. Sind die Teilchen sandkorngroß, so beobachten wir Sternschnuppen am Himmel. Ähnlich wie der Asteroid vor 65 Millionen Jahren, wenn auch nicht so spektakulär, erzeugen die Partikel eine Leuchtspur: Sie schlagen Elektronen aus den umgebenden Gasmolekülen heraus, die später wieder mit ihnen »rekombinieren« und dabei Licht aussenden. Die Leuchtspuren erbsengroßer Teilchen erreichen sogar die Helligkeit des Vollmondes. Viele Kilometer über der Erdoberfläche verglühen die Partikel dann.

Dass von Zeit zu Zeit auch mächtigere Brocken auf die Erde treffen, zeigen etwa der Barringer-Meteoritenkrater in Arizona (siehe Bild auf Seite 20). 200 Meter tief und 1200 Meter breit, wurde er

Stärker als die stärksten Nuklearwaffen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass in diesem Jahrhundert ein Asteroid von 100 Meter Durchmesser die Erde trifft, liegt bei 1:100. Er würde einen Krater von 1 Kilometer Durchmesser schlagen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

vor nur 50000 Jahren von einem hunderttausende Tonnen schweren Eisen-Nickel-Meteoriten mit rund fünfzig Meter Durchmesser geschlagen. Dieser prallte vermutlich mit einer Geschwindigkeit von etwa zwanzig Kilometer pro Sekunde auf. Der rund 13 Kilometer breite Aorounga-Krater im afrikanischen Tschad verdankt seine Entstehung vor über 300 Millionen Jahren einem Objekt von einem bis zwei Kilometer Durchmesser, das vermutlich vor dem Aufprall in der Luft explodierte und noch einen weiteren Krater hinterließ.

Auch hier zu Lande gibt es Meteoritenkrater: Das Nördlinger Ries in Bayern entstand, als ein Steinmeteorit von bis zu einem Kilometer Durchmesser mit einer Geschwindigkeit von 25 Sekundenkilometern einschlug und einen Krater mit einem Durchmesser von 24 Kilometern formte. Heute ist darin die Stadt Nördlingen beheimatet. All diese auf die Erde auftreffenden Trümmer sind Asteroiden, in seltenen Fällen bringen auch Kometen die Erde in Gefahr. Erreichen sie die Erdoberfläche, werden sie als Meteorite bezeichnet.

Kometen sind schmutzige Schneebälle aus Staub und gefrorenen Gasen. Sie stammen aus der Oort'schen Wolke, einer Ansammlung von Eis und Staub, die bis weit jenseits des Sonnensystems ins All reicht. Wirft eine Störung, wie sie durch Kollisionen oder durch Wechselwirkungen mit Planeten zu Stande kommt, einen Kometen aus seiner Bahn, >

Vom Himmel gefallen

>> Tunguska: Am 30. Juni 1908 explodierte über Sibirien vermutlich ein sechzig Meter großer Steinsteroid, der noch in der Luft in kleine Stücke gerissen wurde. Die Druckwelle der Explosion in neun Kilometer Höhe knickte alle Bäume auf einer Fläche von der Größe des Saarlands um. Seit kurzem aber bestreiten manche Forscher dieses Szenario: Sie gehen von einer Explosion vulkanischer Methangase aus, die unter Hochdruck an die Oberfläche gelangten.

Falsch geparkt in Peekskill?

Im Museum ausgestelltes Auto mit Meteoritenschaden

PIERRE THOMAS

>> Peekskill: Am 9. Oktober 1992 trifft ein zwölf Kilogramm schwerer Meteorit in Peekskill im US-Bundesstaat New York ein geparktes Auto. Der Ursprungskörper zerbarst in einer Höhe von vierzig Kilometern und war vermutlich einen halben bis einen Meter groß.

>> Shoemaker-Levy-9: Im Juli 1994 stürzte der in mehrere Stücke zerborstene Komet Shoemaker-Levy-9 (SL9) auf Jupiter. Die teilweise mehr als einen Kilometer großen Bruchstücke hinterließen bei ihrer Explosion in der Jupiteratmosphäre »Staubflecken«, teilweise mit Durchmessern von Erdgröße. Schockwellen durchliefen die gesamte Atmosphäre des Riesenplaneten.

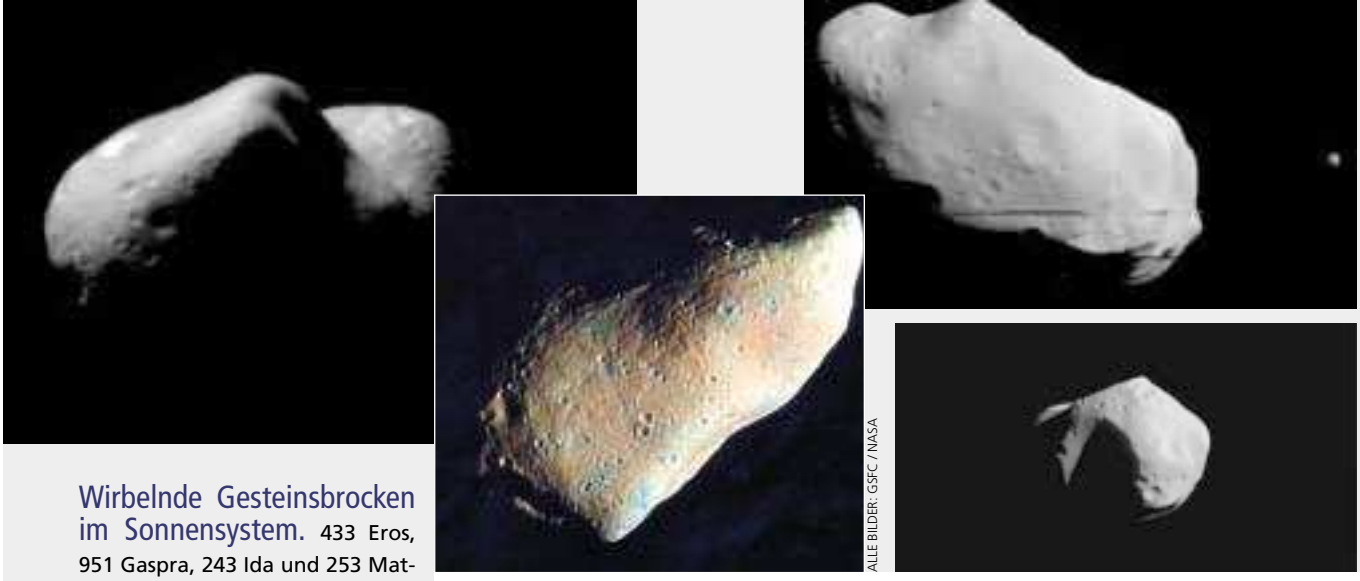
>> Neuschwanstein: In einer außergewöhnlich hellen Leuchterscheinung verglühte am 6. April 2002 ein etwa 600 Kilogramm schwerer Körper über Bayern und Österreich. Einen eindreiviertel Kilogramm schweren Überrest fand man in der Nähe von Schloss Neuschwanstein. Erstaunlicherweise entstammt er wohl demselben Meteoritenstrom, der auch der Ursprung eines 1959 an der deutsch-tschechischen Grenze niedergegangenen 4,5-Kilogramm-Exemplars ist.

Trefferserie

Die Trümmer vom Kometen SL9 erreichen Jupiter am 21. Juli 1994. Links oben auf dem Infrarotbild ist der Jupitermond Io zu sehen.

RICHARD J. WAINSCOAT

>> Park Forest: In der Nacht zum 27. März 2003 beschädigt ein Meteoritenschauer mehrere Gebäude in Park Forest, einem Vorort von Chicago. Ein 2,5 Kilogramm schwerer Meteorit fällt wenige Meter neben einem schlafenden Jungen zu Boden. Der zwanzig Tonnen schwere Mutterkörper von der Größe eines Kleinbusses stammte vermutlich aus dem Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter (siehe auch AH Juli/August 2003, S. 11).



ALLE BILDER: GSFC / NASA

Wirbelnde Gesteinsbrocken im Sonnensystem. 433 Eros, 951 Gaspra, 243 Ida und 253 Mathilde (von links nach rechts). Ida, der in der Länge 58 Kilometer misst, hat sogar einen eigenen Satelliten: Dactyl (rechts). Auf dem Falschfarbenbild von Gaspra sind Gesteine, die mit jüngeren Einschlagkratern in Zusammenhang gebracht werden, blau gefärbt.

> kann er ins Innere des Sonnensystems gelangen. Derzeit entdecken Forscher und Amateurastronomen jährlich eine zweistellige Zahl von Kometen, die sich auf ihren lang gezogenen Bahnen der Sonne nähern. Dabei erwärmen sie sich, sodass die gefrorenen Gase verdampfen: Es bildet sich ein Kometenschweif aus Gas und Staub. Kreuzt die Bahn des Kometen die der Erde, können Staubteilchen aus seinem Schweif in die Atmosphäre unseres Heimatplaneten eindringen.

Asteroiden hingegen umkreisen die Sonne meist auf Bahnen, die zwischen der Erd- und der Marsbahn liegen. In diesem so genannten Asteroidengürtel kennen die Astronomen mittlerweile mehr als 10 000 dieser felsigen Himmelskörper – manche groß wie eine Stadt, andere mit den Ausmaßen der iberischen Halbinsel. Wegen des dichten Gewimmels stoßen immer wieder zwei Asteroiden zusammen und brechen auseinander. Manche der Bruchstücke werden dabei so abgelenkt, dass sie den Gürtel für immer verlassen und fortan durch das Sonnensystem vagabundieren. Schneiden ihre Bahnen dabei die Erdbahn, werden sie als erdnahe Asteroiden (»Near-Earth Asteroids«, Neas) bezeichnet. 900 solcher Neas sind bereits bekannt.

Als man 1989 den mehrere hundert Meter großen Kleinplaneten 4581 Asclepius entdeckte, schien die Gefahr durch Neas plötzlich hochaktuell. Asclepius hatte die Erde vor seiner Entdeckung in nicht einmal 800 000 Kilometer Entfernung passiert, das ist etwa der doppelte Abstand zwischen Erde und Mond. Aus Sicht der Astronomen entgingen wir damals nur knapp einem Zusammenstoß.

Die Wissenschaftler jedenfalls waren alarmiert. Bald suchten sie systematisch nach erdnahen Objekten (»Near-Earth Objects«, Neos), zum Beispiel mit dem Spacewatch-Teleskop in Arizona, das ab 1990 zahlreiche Neos ausfindig machte (siehe Bild unten und Kasten rechts).

Alarmierende Erkenntnisse

Besonders in den USA wurde die potenzielle Bedrohung aus dem All ernst genommen. Neben dem europäischen und dem britischen Parlament führte vor allem der US-Kongress mehrere Expertenanhörungen durch. Im Jahr 1994 beauftragte er die Nasa damit, binnen zehn Jahren alle Neos zu entdecken, die über einen Kilometer Durchmesser aufweisen und die Erdbahn kreuzen könnten.

Doch die zur Verfügung stehenden Geldmittel reichten lange nicht aus, damit die Nasa ihre Vorgaben erfüllen konnte. Heute schließt man aus den Ergebnissen der Überwachungsprogramme, dass es ungefähr tausend Asteroiden gibt, die der Erde irgendwann einmal nahe kommen könnten. Von rund der Hälfte kennt man die Flugbahnen, das Ausmaß der Bedrohung durch die andere Hälfte ist noch unbekannt. »Suchen wir im derzeitigen Tempo weiter, dauert es vielleicht noch zwanzig Jahre, bis man alle restlichen entdeckt hat«, sagt Christian Gritzner, Wissenschaftler an der Technischen Universität Dresden.

Der Luft- und Raumfahrttechniker ist auch Vorstandsmitglied des deutschen Ablegers der »Spaceguard Foundation«. Diese weltweite Vereinigung einiger hundert Wissenschaftler will die internationale Neo-Forschung koordinieren und ein größeres Gefahrenbewusstsein schaffen. Noch ist dieses offenbar nicht groß genug. »Man bekommt schnell den Vorwurf zu hören, dass man die Gefahr aufbausche, um mehr Geld zu bekommen«, klagt Gritzner.

Hinzu kommt, dass die Erforschung von Neos auch innerhalb der Wissen-

JOSEPH MONTANI

Das Spacewatch-Projekt in Arizona betreibt das derzeit größte Teleskop für die Neo-Forschung.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Nichts zu befürchten? Alle Neos mit über 1 Kilometer Durchmesser sind bekannt und nicht auf Kollisionskurs. Doch schon ein 300-Meter-Brocken könnte ein Gebiet von mehreren 1000 Quadratkilometern Fläche verwüsten.

schaftlergemeinde nur geringes Ansehen genießt. Besonders schlimm steht es um Anstrengungen, geeignete Schutzvorkehrungen zu entwickeln: »Geld für Forschungsprojekte zur Asteroidenabwehr gab es noch nirgends«, sagt Gritzner. Vergangenes Jahr wurden er und sein Mitarbeiter auf einer Tagung als das wohl weltweit größte Team bezeichnet, das sich mit solchen Fragen beschäftigt. Zwei bis zehn Jahre sind nach Gritzners Einschätzung für die Entwicklung eines Satelliten erforderlich, der ein Neo auf Kollisionskurs aufhalten könnte. »Dazu käme der Zeitbedarf für die Reise«, ergänzt Gritzner.

Als Abwehrmaßnahme kommt beispielsweise ein auf dem Neo verankerter Raketenmotor in Frage, der dessen Bahn beeinflusst. »Allerdings funktioniert das nur bei kleineren Körpern, weil man mit heutigen Trägerraketen nur wenig Treibstoff transportieren kann«, schränkt der Forscher ein. Die Bahn eines Asteroiden ließe sich auch mit einem »Impaktor« beeinflussen, zum Beispiel einem Satelliten, der bei hoher Geschwindigkeit mit ihm kollidiert.

Selbst der Einsatz eines Sonnenspiegels wird diskutiert: Dieser müsste die Oberfläche des Neo so stark erhitzen, dass ein künstlicher Kometenschweif entsteht und dessen Rückstoß schließlich die Flugbahn verändert. Eine Zerstörung des Neo durch nukleare Sprengsätze ist problematisch. Durch die Explosion könnte der Körper zwar auseinander brechen, seine Bruchstücke wären aber noch immer eine Gefahr.

Riskante Sprengung

Zudem ähneln viele Asteroiden eher einem Geröllhaufen als einem kompakten Körper. »Dann verpufft die Explosionsenergie wie in einem Sandsack«, sagt Gritzner, »oder es fliegen nur die kleinen Brocken weg, und die großen bleiben auf Kollisionskurs.«

Während man die Zahl der Körper mit über einem Kilometer Durchmesser recht genau kennt, gibt es bei kleineren Brocken erhebliche Unsicherheiten. Fest steht nur: Bis auf weiteres wird niemand deren Zahl genau abschätzen können. Vernachlässigbar sind sie darum nicht. Der Einschlag eines dreihundert Meter großen Asteroiden würde eine Fläche der Größe Luxemburgs verwüsten.

Zwei voneinander unabhängige Arbeitsgruppen ermitteln für Neos mit bekannten Positionsdaten die Gefahr einer Kollision mit der Erde: »Neo-DyS« (Neo >

Teleskope für die weltweite Jagd auf Asteroiden

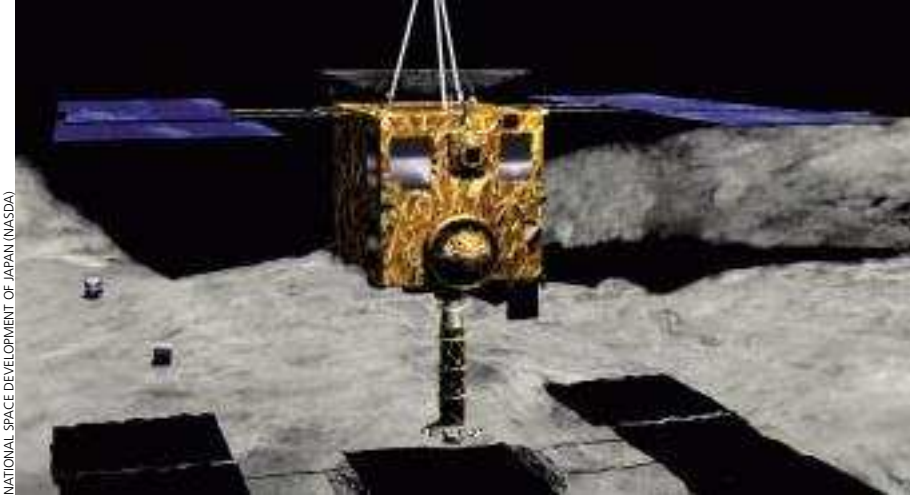
>> Fast ein Dutzend Teleskope weltweit sind bislang für die Suche nach erdnahen Asteroiden und Kometen zum Einsatz gekommen. Manche Projekte waren auf einige Jahre befristet, andere laufen schon seit mehr als zehn Jahren. Die meisten Neos wurden von den Teleskopen Spacewatch, Neat und Linear entdeckt (siehe unten).

Daneben gab und gibt es weitere Projekte in den USA, Europa, Australien und Asien. Nur auf der Südhalbkugel steht noch kein Teleskop für die regelmäßige Suche nach Neos zur Verfügung.

>> Spacewatch: Seit 1990 wird auf dem Kitt Peak in Arizona ein Newton-Reflektor mit 91 Zentimetern Durchmesser halbautomatisch betrieben. Ein zweites Gerät mit einer Öffnung von 1,8 Metern – das weltweit größte, das für die Suche nach Neos eingesetzt wird – ging im Frühjahr 2001 in Betrieb. Seit 1990 entdeckte das Projekt der University of Arizona rund 50 000 neue Asteroiden, davon etwa 300 Neas in der Nähe der Erde und zwei Dutzend Kometen.

>> Neat: Das Nasa-Projekt »Near-Earth Asteroid Tracking« besteht aus zwei Fernrohren mit je 1,2 Meter Durchmesser. Eines davon, auf dem Mauna Kea auf Hawaii, wird seit dem Jahr 2000 vollautomatisch betrieben. Das zweite Teleskop steht auf dem Mount Palomar in Kalifornien. Eine der jüngsten Entdeckungen von Neat: der Komet C/2003 J1 (Neat). Er bewegt sich um ein zehntel Grad pro Tag über den Himmel und leuchtet mit 19. Größe. Sein Durchmesser ist noch unbekannt.

>> Linear: Dieses Teleskop mit einem Meter Durchmesser in White Sands, New Mexico, betreibt das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Zusammenarbeit mit der US-Luftwaffe. Über tausend Neos hat Linear in den vergangenen Jahren registriert, zusätzlich fast hundert Kometen.



NATIONAL SPACE DEVELOPMENT OF JAPAN (NASDA)

EADS ASTRIUM

Der Gefahr ins Auge sehen

Die japanische Sonde Hayabusa wird in vier Jahren mit einer Gesteinsprobe von Asteroid 1998 SF36 zurückerwartet (links). Die Esa-Mission Ishtar (rechts) soll per Radar untersuchen, wie Asteroiden auf einen Impaktor reagieren würden.

> Dynamic Site) an der Universität Pisa und das »Near-Earth Object Program« der US-Weltraumbehörde Nasa. Die Teams berechnen die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes im Verlauf der kommenden hundert Jahre.

Glücklicherweise gibt es unter den beobachteten Objekten derzeit keines, das eine ernste Bedrohung darstellt. Doch unser Wissen über Neos ist noch längst nicht groß genug, um uns beruhigt zurücklehnen zu können. Auch die europäische Raumfahrtagentur Esa hat ihre Anstrengungen daher verstärkt. Im vergangenen Jahr wählte sie sechs Missionskonzepte aus, über die nun vorläufige Studien erstellt werden. Im Rahmen von »Don Quijote« etwa soll die Raumsonde »Hidalgo« mit einer Geschwindigkeit von zehn Kilometer pro Sekunde auf einem Zielasteroiden mit 500 Meter Durchmesser aufschlagen, während sein Partner »Sancho« das Geschehen aus sicherer Entfernung beobachtet.

Und »Ishtar« (Internal Structure High-resolution Tomography by Asteroid Rendezvous) soll gleich zwei Asteroiden mittels Radar-Tomografie durchleuchten. So lässt sich die Wahrscheinlichkeit bestimmen, mit der diese in der Erdatmosphäre in Bruchstücke zerfallen. Gleichzeitig erfährt man, wie sie auf den Einschlag eines Impaktors reagieren würden.

Einschlag in 877 Jahren?

Bis dahin fliegen uns die Geschosse aus dem Sonnensystem weiter um die Ohren. Asteroid 54509 (2000 PH5) kam kürzlich besonders nah. Am 26. Juli verfehlte er uns um nur den viereinhalbfachen Abstand zwischen Erde und Mond. Mit seinem Durchmesser von 90 bis 190 Metern und einer Geschwindigkeit relativ zur Erde von sieben Sekundenkilometern wäre seine Sprengkraft bei einem Aufprall größer als die der stärksten Nuklearwaffen.

Doch richtig ernst wird es womöglich am 16. März 2880. Jüngst behauptete eine Studie, dass an diesem Tag der ein Kilometer große Asteroid 1950 DA mit 60 000 Stundenkilometern 600 Kilometer vor der US-Küste in den Atlantik stürzen könnte. Die Wahrscheinlichkeit dafür liege bei bis zu 1:300. Schon nach kurzer Zeit würden 120 Meter hohe Wellen auf Cape Cod zulaufen und nur acht Stunden später 15 Meter hohe Brecher auch Europas Küsten erreichen. <<

Risiken und Folgen eines Asteroideneinschlags auf der Erde

Größe des Asteroiden (in Meter)	durchschnittlicher Zeitraum zwischen zwei Einschlägen	freigesetzte Energie in Mio. Tonnen TNT*	voraussichtliche Folgen
10	16 Jahre	0,1	Erreichen selten den Erdboden. Starke Explosion in der Atmosphäre. Zerbrochene Fensterscheiben.
30	250 Jahre	2	Gewaltige Explosion in der Atmosphäre. Im Umkreis von zehn Kilometern werden Bäume umgedrückt und Brände verursacht. Viele Todesfälle, falls Absturz über bewohntem Gebiet.
100	10 000 Jahre	80	Explosion verheerender als die der stärksten Nuklearwaffen. Krater mit einem Kilometer Durchmesser.
300	50 000 Jahre	2000	Fünf Kilometer großer Krater. Die zerstörte Fläche wäre so groß wie Luxemburg.
1000	500 000 Jahre	80 000	Die zerstörte Fläche wäre so groß wie Europa. Möglicherweise käme es zu Klimaveränderungen.
10 000	>100 Mio. Jahre**	80 000 000	Weltweite Katastrophe, die mit Artensterben einhergeht.

*Zum Vergleich: Die Sprengkraft der größten je zur Explosion gebrachten Wasserstoffbombe entsprach der von 60 Millionen Tonnen TNT (Trinitrotoluol). Am 30. Oktober 1961 wurde sie von der Sowjetunion über der Insel Nowaja Semlja gezündet.
**Die Gefahr eines solchen Einschlags ist sehr gering, da alle Objekte dieser Größe bekannt sind und nach derzeitigem Wissen nicht die Erde treffen werden. Noch unentdeckte Kometen bergen aber ein Restrisiko.

QUELLE OECD

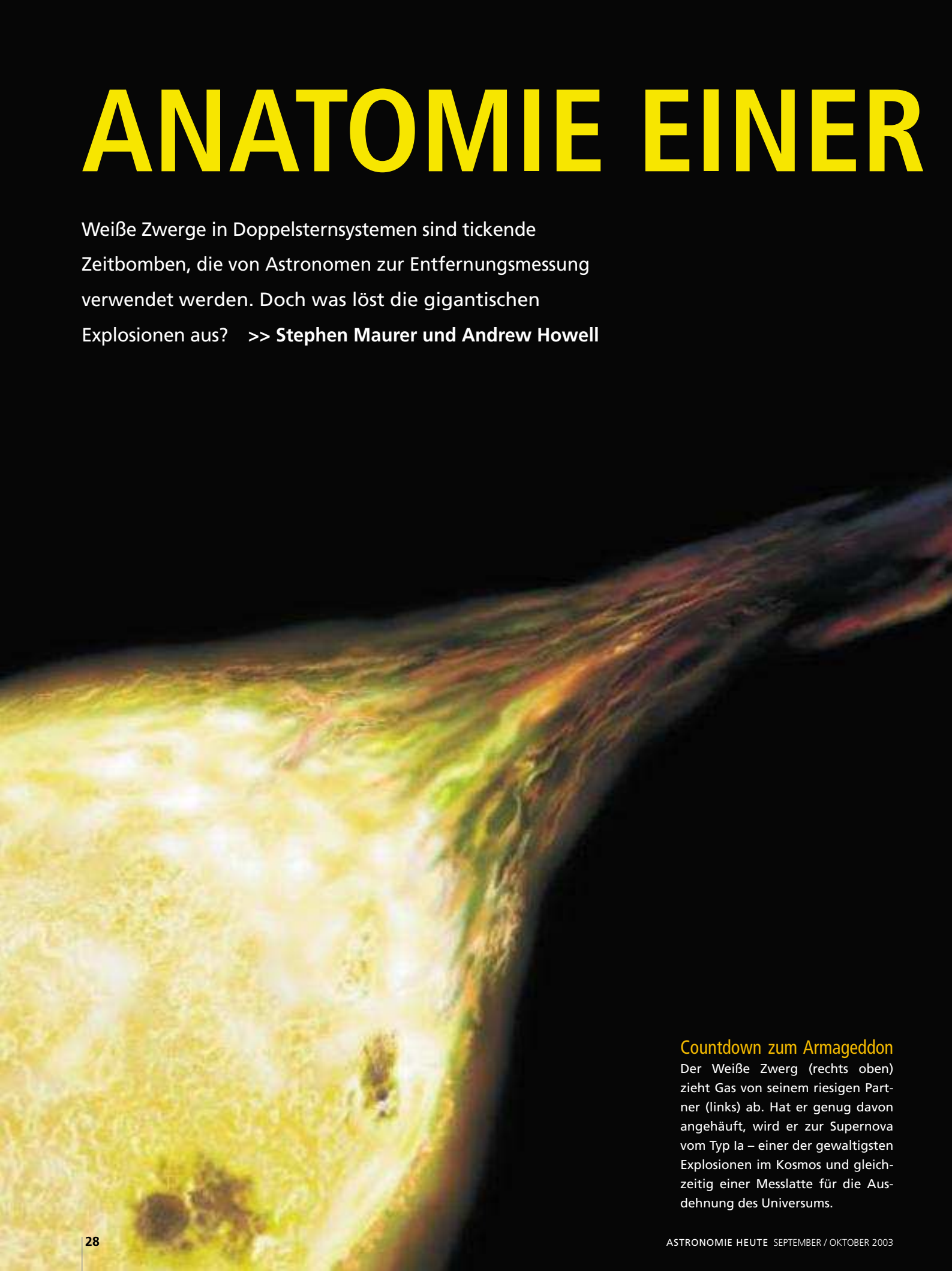
Michael Vogel schreibt als freier Journalist in Stuttgart über Wissenschaft und Informationstechnologie und begeistert sich seit über zwanzig Jahren für die Astronomie.

Weblinks

Esa-Homepage für Neo-Raumfahrtmissionen:
www.esa.int/gsp/completed/neo/index.htm
Beobachtungsdaten für Asteroiden und Kometen:
http://ssd.jpl.nasa.gov/cgi-bin/what_obs
Spaceguard Foundation e.V.:
http://spaceguard.dlr.de/SGF
Neo-Programm von Nasa/JPL:
http://neo.jpl.nasa.gov
Bilddatenbank mit 160 Einschlagkratern weltweit:
www.unb.ca/passc/ImpactDatabase

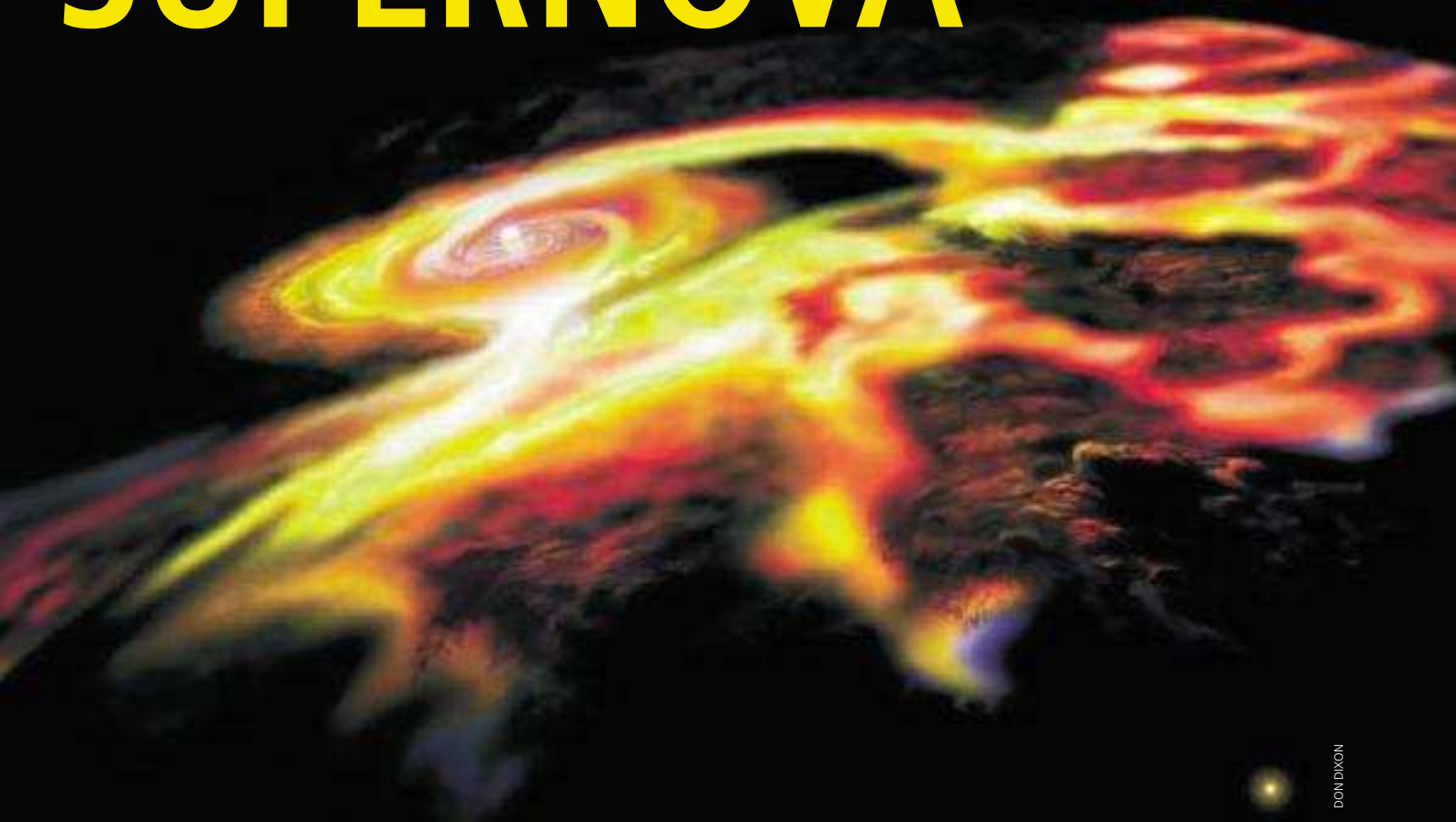
ANATOMIE EINER

Weiße Zwerge in Doppelsternsystemen sind tickende Zeitbomben, die von Astronomen zur Entfernungsmessung verwendet werden. Doch was löst die gigantischen Explosionen aus? **>> Stephen Maurer und Andrew Howell**



Countdown zum Armageddon
Der Weiße Zwerg (rechts oben) zieht Gas von seinem riesigen Partner (links) ab. Hat er genug davon angehäuft, wird er zur Supernova vom Typ Ia – einer der gewaltigsten Explosionen im Kosmos und gleichzeitig einer Messlatte für die Ausdehnung des Universums.

SUPERNOVA



DON DIXON

Schon in den 1930er Jahren träumten die Astronomen davon, die extrem leuchtkräftigen Explosionen der Supernovae zur Vermessung des Kosmos zu nutzen. Doch unglücklicherweise schien jede Supernova eine andere Helligkeit zu besitzen. In den 1960er Jahren gelang es dem Astronomen Fritz Zwicky am Caltech (California Institute of Technology), Ordnung in dieses Durcheinander zu bringen. Er fand heraus, dass sich hinter der Bezeichnung Supernova in Wahrheit fünf verschiedene Arten von Explosionen verbergen. In den folgenden zwanzig Jahren nutzten die Astronomen immer bessere Spektren, um Zwickys Kategorien zu verfeinern (siehe Seite 33). Der letzte Stein des Puzzles konnte 1993 eingefügt werden, als die von Chile aus durchgeführte Supernova-Durchmusterung erwies, dass eine der Unterkategorien der Supernovae – der Typ Ia – in ihrer Helligkeitsentwicklung einheitlich genug ist, um als »Standardkerze« zu dienen (Glossar Seite 30). Zwar leuchten helle Supernovae des Typs Ia länger als schwache, aber die Astronomen konnten eine »Dehnungskorrektur« entwickeln, mit der sich aus der Sichtbarkeitsspanne eines Ausbruchs die absolute Helligkeit der Explosion treffsicher angeben lässt.

Die Ia-Supernovae haben in den vergangenen Jahren zur Überraschung der Fachwelt gezeigt, dass die Expansion des Kosmos nicht abnimmt, sondern sich beschleunigt. Offenbar treibt eine rätselhafte »Dunkle Energie« unseren Kosmos an, über deren physikalische Beschaffenheit wir allerdings bislang nichts wissen. Auskunft darüber könnte uns der genaue Ablauf der Expansion geben. Leider können die Kosmologen diesen Verlauf zurzeit nicht genau genug vermessen, da es im Verständnis der Ia-Standardkerzen noch zu große Unsicherheiten gibt. Was also wissen die Astronomen heute wirklich über diese Supernovae?

Die meisten Sonnen bilden Doppelsternsysteme. Wenn der erste, massereichere Stern sich schließlich zu einem Weißen Zwerg entwickelt (siehe »Man stirbt nur zweimal«, ASTRONOMIE HEUTE Juli/August 2003, S. 36) und der zweite sich irgendwann später zu einem Roten Riesen aufbläht, füllt dessen äußere Hülle ein Gebiet mit einem Radius von etwa einer Astronomischen Einheit – also dem Radius der Erdbahn – aus. Befindet sich der Weiße Zwerg nahe genug an seinem Partner, zieht seine Schwerkraft Gas aus der Hülle des Roten Riesen auf seine Oberfläche hinab. Nach einigen Millionen Jahren kann der Stern auf diese Weise das Chandrasekhar-Limit erreichen – die Massenobergrenze für Weiße Zwerge (1,4 Sonnenmassen) – und kollabiert dann zu einem Neutronenstern. Als solcher hat er eine extrem hohe Dichte und einen Durchmesser von nur noch zwei bis drei Dutzend Kilometern.

Wenn der Weiße Zwerg jedoch Kohlenstoff enthält, hat er keine Chance, das Chandrasekhar-Limit zu erreichen: >

GLOSSAR

Standardkerzen sind Objekte, deren Helligkeit genau bekannt ist. Neben den Ia-Supernovae sind dies unter anderem die Cepheiden oder genauer: Delta-Cephei-Sterne. Diese Überriesen – der Polarstern ist der sonnennächste – pulsieren, und die Dauer hängt von ihrer absoluten Leuchtkraft ab. Damit können die Entfernungen naher Galaxien bis etwa zehn Millionen Lichtjahre gemessen werden.

Die **kosmologische Rotverschiebung z** ist Ausdruck der bisherigen Expansion des Universums. Die entferntesten bekannten Quasare haben Rotverschiebungen von fast 7. Für Werte zwischen 0 und 0,25 gilt in guter Näherung das lineare Hubble-Gesetz.

> Bevor er genug Masse anhäuft, beginnt der Kohlenstoff mit einer Kernfusion und löst eine Kettenreaktion aus, die den Stern vollkommen zerstört. Doch warum reagiert der Kohlenstoff so explosiv? Das liegt an der »Steifheit« der Materie im Weißen Zwerg: Er kann auf das Zünden des Kohlenstoffs nicht mit Ausdehnung reagieren und abkühlen, sondern wird in einer Explosion zerrissen.

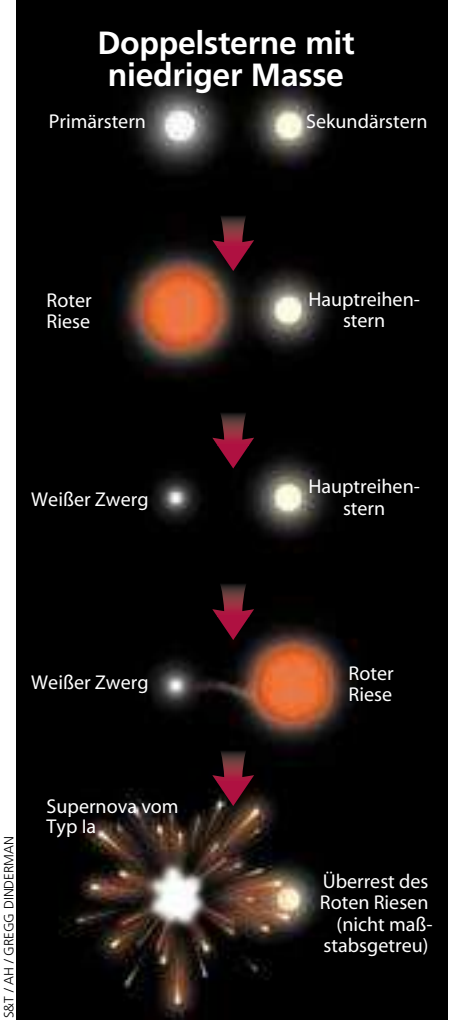
Tödliche Starrheit

Die Theorie für diesen Prozess ist äußerst kompliziert, aber glücklicherweise gibt es einen Punkt, an dem die Forscher ansetzen können: Die Physik von explosiven Verbrennungsvorgängen und entsprechende Experimente auf der Erde zeigen, dass es zwei grundlegende Arten von Explosionen gibt. Die erste nennen die Wissenschaftler Deflagration – ein sich sehr schnell, aber mit Unterschallgeschwindigkeit ausbreitendes Feuer. Im Gegensatz dazu pflanzt sich die zweite Art, die Detonation, mit Überschallgeschwindigkeit fort. Zu Letzterer kommt es, wenn die Verbrennung eine schnelle Schockwelle erzeugt, die das umgebende Material zusammenpresst und entzündet. Ob eine bestimmte Explosion als Deflagration oder als Detonation verläuft, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, zum Beispiel von der Dichte der Umgebung vor der Explosion. Wenn diese nicht überall gleich ist, können Forscher in Laborexperimenten beobachten, wie sich eine Detonation in eine Deflagration umwandelt oder umgekehrt. Denn auch die Schallgeschwindigkeit selbst hängt vom Medium und seiner Dichte ab.

In den 1960er Jahren erstellten die Astronomen in ersten Simulationen Computermodelle für kohlenstoffreiche Weiße Zwerge mit einer Detonationswelle nach der Entzündung der Kernfusion. Das Problem: In diesen Modellen breitet sich die Überschallexplosion so rasch aus, dass die Sternmaterie keine Chance hat zu expandieren, bevor sie verbrennt. Und weil die Kernfusion bei sehr hohen Dichten und Temperaturen äußerst effektiv ist, verbrennt alles, was entzündlich ist. Übrig bleiben dann lediglich Eisen, Kobalt und Nickel, die Elemente der so genannten Eisenspitze. Hier endet die Fusion, weil die Produktion schwererer Elemente mehr Energie verbraucht, als sie erzeugt.

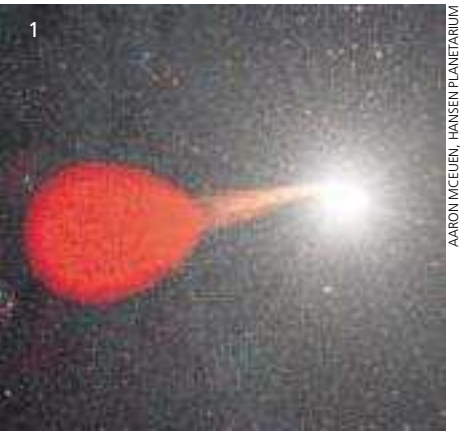
Die Astronomen begriffen rasch, dass Detonationswellen nur ein Teil der Lösung sein konnten. Es dauert nämlich Wochen, bis in den Spektren beobachteter Supernovae ausgeprägte Linien von Eisen, Kobalt und Nickel auftauchen. Das ist dann verständlich, wenn diese Elemente im Kernbereich des Sterns konzentriert sind. In den Außenschichten dagegen dominieren leichtere Elemente wie Silizium, Schwefel und Kalzium. Irgendetwas muss die Temperatur in diesen Schichten niedrig halten und so das Brennen stoppen. Und dieses Etwas ist die Expansion. Doch auch in jenem Modell gibt es Probleme. Einige Supernovae des Typs Ia schleudern Elemente wie Kalzium mit einer Geschwindigkeit von fast einem Zehntel der Lichtgeschwindigkeit ins All hinaus. Wie sollte eine sich mit Unterschallgeschwindigkeit ausbreitende Explosion das schaffen?

In den späten 1980er Jahren gelang es den Astrophysikern schließlich, beide Modelle in einem Bild zu vereinigen.

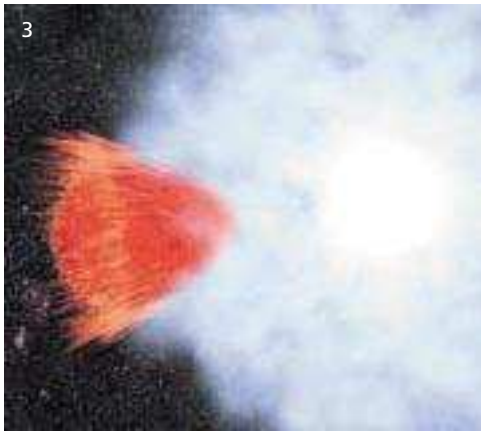


S&T / AH / GREGG DINDERMAN

Das Schicksal eines Doppelsterns, bei dem beide Komponenten so leicht sind, dass auch der schwerere sein Leben als Weißer Zwerg beenden würde, wäre da nicht das Übergewicht durch das Gas des anderen Partners …



AARON MCEUEN, HANSEN PLANETARIUM



NASA / HIGH-Z SUPERNOVA SEARCH TEAM

Das Hubble-Weltraumteleskop sah 1994 eine Ia-Supernova in den Außenbereichen von NGC 4526 in der Jungfrau. Zum Zeitpunkt der Aufnahme war die Helligkeit der Supernova schon wieder gesunken. Während des Maximums können Supernovae dieses Typs eine ganze Galaxie überstrahlen.

Heute glauben sie, dass eine Supernova vom Typ Ia mit einer Deflagration im Zentrum des Sterns beginnt. Dort ist der Druck so groß, dass das nukleare Brennen wellenförmig fortschreitet und Eisen, Kobalt und Nickel erzeugt. Während sich die Feuerwalze nach außen ausbreitet, verringert sich der Druck und die Effektivität der Verbrennung sinkt. Nun werden in der Welle nur noch relativ leichte Elemente wie Magnesium, Silizium und Schwefel produziert. Der Schlussakt des kosmischen Dramas setzt ein, wenn die Explosion die Außenschichten des Sterns erreicht. Etwa bei zwei Dritteln des Sternradius ist die Dichte nicht mehr groß genug, um eine Deflagration zu erlauben. Die Explosion verwandelt sich schlagartig in eine Detonation, bei der die Verbrennungsprodukte wie etwa das Kalzium auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt werden.

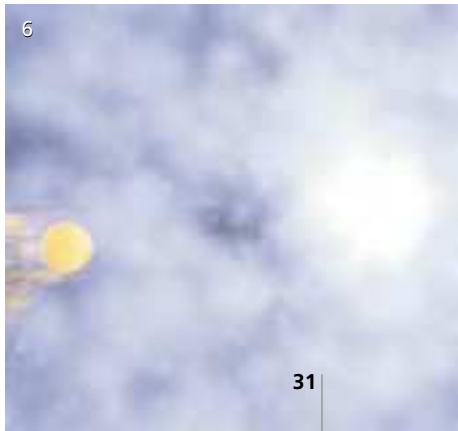
Die gerade beschriebene explosive Verbrennungsphase dauert nur wenige Sekunden. Der unglückliche Zwergstern ist dann nur noch ein Feuerball aus Hitze und radioaktiven Isotopen und fliegt auseinander. Überraschenderweise verläuft dieser Vorgang erstaunlich geordnet. Obwohl sich alle Schichten des Sterns ausbreiten, kommt es zwischen ihnen niemals zu Überlappungen. Stattdessen dehnen sich die Schichten hübsch ordentlich aus und liegen übereinander wie die Schalen einer Zwiebel, weil jede Schicht sich schneller bewegt als die nachfolgende Schicht unter ihr.

Inferno wie in Zeitlupe

Einige Tage nach der Explosion ist die Supernova immer noch so heiß und dicht, dass die Astronomen nicht durch die Außenschichten des zerrissenen Sterns hindurchschauen können. In den Spektren tauchen in dieser Phase stark dopplerverschobene Absorptionslinien auf (siehe ASTRONOMIE HEUTE Juli/August 2003, Kasten S. 31). Später, wenn der Feuerball sich abkühlt und verdünnt, können die Astronomen tiefer in die Sternruine hineinschauen. Neue Emissions- und Absorptionslinien erscheinen, jede Gruppe dieser Linien enthüllt die chemische Zusammensetzung einer neuen Schicht des Sterns.

Überraschenderweise stammt der größte Teil der Strahlung der Supernova nicht direkt von der unvorstellbaren Hitze. Bei der Explosion entstehen große Mengen des radioaktiven Isotops Nickel-56 (^{56}Ni). Wenn das letzte Flackern des Feuerballs erlischt, haben sich rund vierzig Prozent der Masse des Weißen Zwergs in Nickel-56 verwandelt! Dies zerfällt mit einer Halbwertszeit von 6,1 Tagen in Kobalt-56 (^{56}Co). Dieses Isotop ist ebenfalls radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 77,1 Tagen in Eisen-56 (^{56}Fe). Die zunächst angeregten Kobalt- und Eisenkerne strahlen die überschüssige Energie in Form einer gro- >

Chronik einer Katastrophe. Wird ein Weißer Zwerg zur Supernova (Bild 1 und 2), erreicht die Explosion nach rund drei Stunden den Roten Riesen (3) und beginnt, dessen äußere Hülle fortzublasen. Sechs Stunden später erreicht die Druckwelle den Riesenstern (4). Zwei Tage nach der Explosion hat die Schockfront den Riesen durchlaufen und dabei den Rest seiner Hülle aufgeheizt (5). Nach einem Monat in diesem Hexenkessel hat der Riese 98 Prozent seiner äußeren Atmosphäre verloren (6).

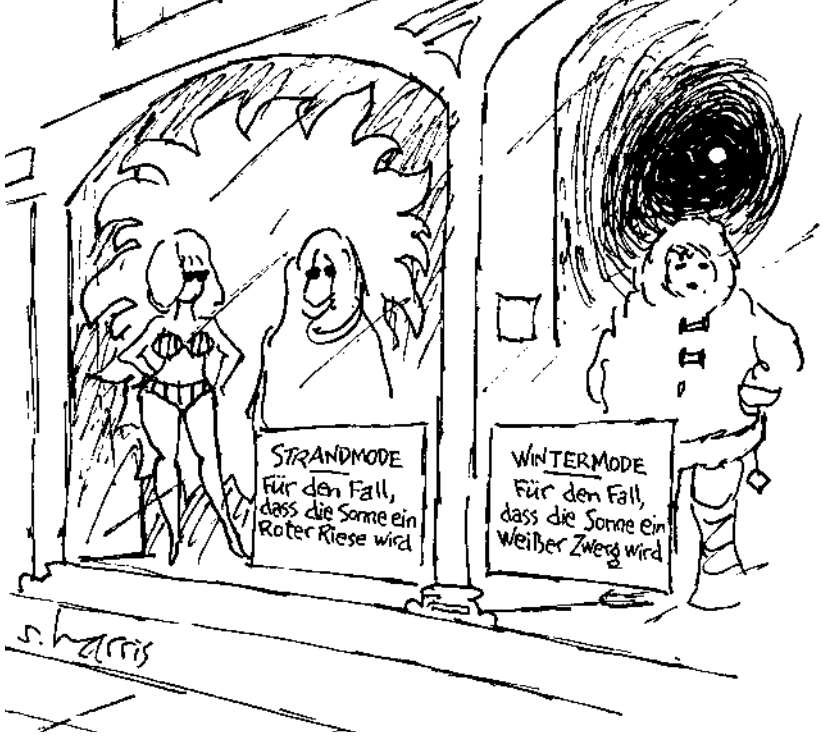


> ßen Zahl von Gammateilchen ab, die von Atomen der expandierenden Supernovahülle aber wieder absorbiert werden.

Das heizt die äußere Hülle des explodierten Sterns auf Temperaturen von rund 10000 Kelvin auf – sie beginnt zu glühen. Das von der heißen Hülle abgegebene Licht läuft wie in einem Flipper langsam nach außen, sodass das Helligkeitsmaximum der Supernova erst rund zwanzig Tage nach der Explosion erreicht wird (siehe Grafik unten).

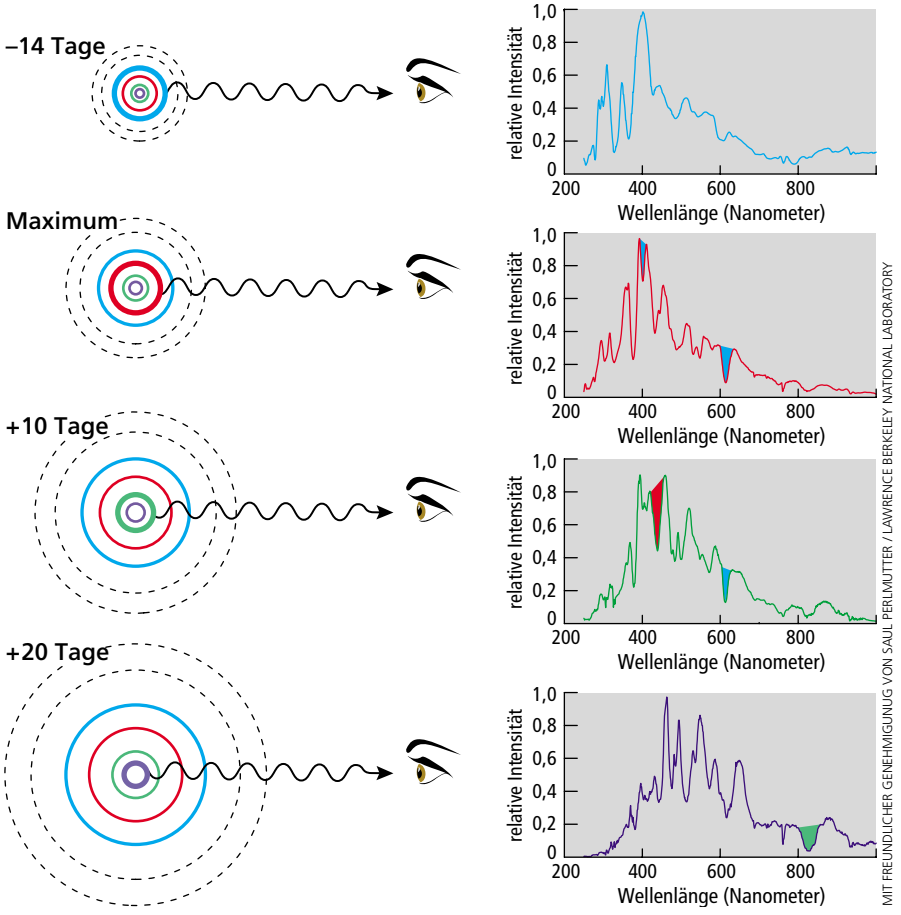
Kosmische Messlatte

Die Astronomen untersuchen Supernovae des Typs Ia nicht nur, um zu lernen, warum sie explodieren. Sie wollen sie auch nutzen, um unseren Kosmos zu vermessen. Unglücklicherweise variiert die Leuchtkraft der einzelnen Supernovae dieses Typs um etwa dreißig Prozent. Mit der bereits erwähnten Dehnungskorrektur lässt sich die Unsicherheit auf die Hälfte verringern. Die Forscher benötigen jedoch viel mehr Supernovae in nahen Galaxien, deren Entfernungen sich mit anderen Methoden bestimmen lassen, um den genauen Nullpunkt der Leuchtkraftskala herauszufinden.



Obwohl die Astronomen seit siebzig Jahren die Supernovae erforschen, ist noch lange nicht jedes Geheimnis gelüftet. So verhalten sich dreißig Prozent aller Supernovae vom Typ Ia »pekuliar« (sonderbar), passen also nicht in das übliche Schema. Einige der Explosionen sind beispielsweise extrem hell – oder extrem leuchtschwach. Mit der heutigen Theorie wäre es möglich, die ungewöhnlich leuchtschwachen Supernovae damit zu erklären, dass der Übergang von der Deflagration zur Detonation sehr spät stattfindet. Für die extrem hellen Supernovae dagegen fehlt den Experten bislang ein vergleichbarer Lösungsansatz. Das grundlegende Problem besteht darin herauszufinden, wie eine Explosion rund eine Sonnenmasse an Nickel-56 produzieren kann, um eine so helle Supernova zu erzeugen.

Unbekannt ist bislang auch die chemische Zusammensetzung der Vorgängersterne. Simulationen zeigen, dass in den Außenschichten einer Supernova ein Teil der Materie des Vorgängersterns in weitgehend reiner Form erhalten bleiben kann. Mithilfe von Spektren im Ultraviolettbereich sollte dieses Material nachweisbar sein. Da die irdische Atmosphäre UV-Strahlung absorbiert, sind derartige Beobachtungen nur vom Weltraum aus möglich. Zudem müssen die >



MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON SAUL PERLMUTTER / LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY

Tage vor dem Helligkeitsmaximum wird das Spektrum von Lichtteilchen aus den äußeren Schichten der Explosion dominiert (hellblau). Später dringt immer mehr Strahlung aus tieferen Lagen durch (rot, grün, dunkelblau) und verändert das Spektrum. Je nachdem welchen Weg die Photonen durch die Schichten nehmen, werden sie wieder »geschluckt« und man sieht die farbig hervorgehobenen Absorptionslinien (rechts).

Bestiarium der Supernovae

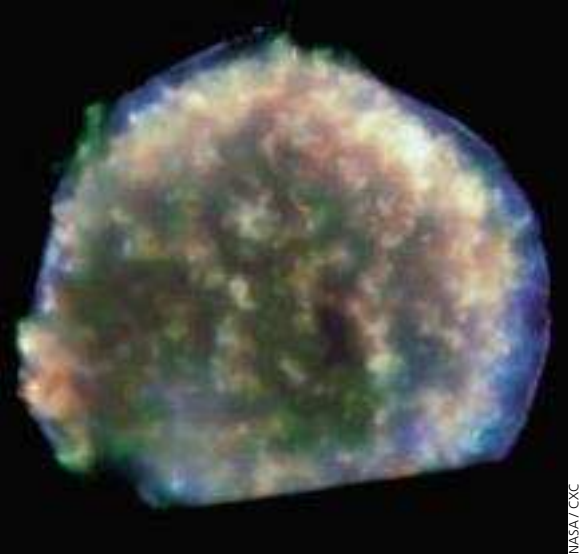
Trotz aller revolutionären Erkenntnisse klassifizieren die Astronomen Supernovae immer noch nach demselben System, das der Astronom Fritz Zwicky in den 1960er Jahren entwickelt hat. Die zentrale Idee seines Schemas ist, zwischen Supernovae mit Wasserstofflinien in ihrem Spektrum (Typ II) und solchen ohne Wasserstofflinien (Typ I) zu unterscheiden. Seit den 1980er Jahren wird der Typ I in drei Unterkategorien gegliedert, nämlich solche mit starken Siliziumlinien (Typ Ia), solche mit Heliumlinien (Typ Ib) und solche, die keine der beiden Linienarten aufweisen (Typ Ic). Die Supernovae des Typs II haben sogar fünf Unterklassen.

Mit Ausnahme des Typs Ia entstehen alle Supernovae durch den Kollaps des Zentralbereichs eines Sterns. Wenn er mehr als acht Sonnenmassen schwer ist, setzt sich die Kernfusion über Sauerstoff und Kohlenstoff hinweg fort, bis sich im Zentrum ein »degenerierter« Eisenkern bildet. Degenerierte Materie hat jedoch eine Achillesferse: Wenn die Elektronen verschwinden, sinkt auch der Druck, der den Stern aufrechterhält. Wächst der Eisenkern über eine gewisse Größe hinaus an, ist der zentrale Druck so groß, dass die Elektronen in die Protonen hineingedrückt werden und sich diese in Neutronen verwandeln. Die Folge: Der Stern kollabiert. Typ-II-Supernovae entstehen, wenn der Kern eines massereichen Sterns kollabiert. Typ-Ib-Supernovae dagegen sind Zusammenbrüche von Sternen, die davor ihre Wasserstoffhülle abgestoßen haben. Supernovae des Typs Ic schließlich entstehen bei einem »nackten Kernkollaps«, das heißt bei Sternen, die zuvor auch ihr Helium verloren haben.

Es ist also die Tatsache, dass Typ-Ia-Supernovae durch thermonukleares Brennen ausgelöst werden, die diese Explosionen von allen anderen unterscheidet. Sie kommen ausschließlich in Doppelsternsystemen vor und ihre Kernfusion endet beim Eisen. Nur Supernovae mit Kernkollaps können schwerere Elemente wie zum Beispiel Gold produzieren.

SN 1987A war eine Supernova des Typs II. Heute sind an der Stelle der Explosion nur noch ein schwächer werdender Überrest und zwei beleuchtete Gasringe zu sehen.

NASA / HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI / AURA)



NASA / CXC

Im Jahr 1572 beobachtete der dänische Astronom Tycho Brahe eine Supernova in der Milchstraße. Heute glauben die Fachleute, dass es sich dabei um eine Supernova des Typs Ia gehandelt hat.

NOAO / AURA / NSF

Die Supernova 2002dj in NGC 5018 in der Jungfrau (»Virgo«) wurde bereits zwei Wochen vor ihrem Maximum entdeckt – eine der frühesten Beobachtungen einer Sternexplosion überhaupt.

> Astronomen die Supernova in ihrer frühen Phase erwischen. Das bedeutet: innerhalb einer Woche nach dem Ausbruch, da danach das Licht aus dem Innern des Sterns das gesuchte Signal überstrahlt.

Ein weiteres Geheimnis ist die Identität der Begleiter der explodierenden Sterne. Wenn der Begleiter ein gewöhnlicher Stern ist, müsste die Explosion einen Teil seiner Hülle wegsprengen. Diese sollte jedoch als Spuren von Wasserstoff im Spektrum der Supernovae sichtbar sein.

Überraschenderweise überlebt der Begleiter die Explosion weitgehend unbeschadet – abgesehen vom Verlust seiner Hülle und einem Anschwellen durch die Aufheizung. Außerdem sollten sich die Überlebenden der Sternexplosion weit im Innern des Trümmerfelds befinden und sich in Richtung auf das Zentrum der Explosion zu bewegen. Robert Fesen vom Dartmouth College, USA, hat mit der Wide Field and Planetary Camera 2 des Hubble-Teleskops nach solchen Sternen gesucht. Er richtet sein Augenmerk dabei auf die beiden einzigen Supernova-Ia-Kandidaten in der Milchstraße während der letzten tausend Jahre: SN 1006 im Sternbild Wolf (»Lupus«) und Tycho Brahes Supernova von 1572 am »Himmels-W« der Kassiopeia (siehe Krupps Corner »Überraschung an der Himmelskuppel« in ASTRONOMIE HEUTE Juli / August, S. 92).

»Bislang habe ich nichts gefunden«, erklärt Fesen, »aber die Suche ist nicht wasserdicht. SN 1006 liegt so nahe bei uns, dass sie einen Durchmesser von dreißig Bogenminuten hat. Das ist ein sehr großes Gebiet für die Suche. Tycho ist weiter weg, aber dort gibt es eine Menge Staub. Dadurch sind die Daten schwerer zu interpretieren.«

Hubble sucht nach Überlebenden

So stehen weiterhin Supernovae bei großen Rotverschiebungen (siehe Glossar Seite 30) im Zentrum des Interesses. Im Gegensatz zu früheren Projekten durchforsten die neuen Durchmusterungen (»Surveys«) die gleichen Himmelsregionen wieder und wieder. Diese Taktik stellt sicher, dass für jede aufgespürte Supernova mehrere Helligkeitsmessungen durchgeführt werden. Die Belichtungszeiten sind für Supernovae bei einer Rotverschiebung von 0,5 optimiert. Das entspricht etwa jenem Zeitpunkt, an dem sich die Expansion des Kosmos wieder zu beschleunigen begann. Die Kosmologen brauchen dringend Daten aus diesem Bereich, um zwischen den diversen Modellen für die Dunkle Energie zu unterscheiden.

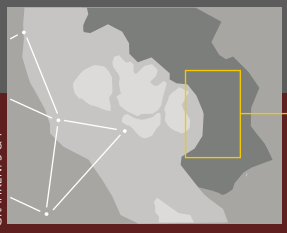
Die Suche nach nahen Supernovae ist weniger aufregend, aber letztlich genauso wichtig. Die Astronomen benötigen bessere Spektren und bessere Leuchtkraftdaten, um ihre Standardkerze zu kalibrieren. Die Aufgabe ist gewaltig, weil dazu viel größere Bereiche des Himmels permanent überwacht werden müssen, um vergleichbar viele Galaxien abzudecken wie in den Surveys bei hoher Rotverschiebung. Inzwischen machen die Beobachter auch mit dem Hubble-Weltraumteleskop Jagd auf Typ-Ia-Supernovae mit den kosmologisch interessanten Rotverschiebungen größer als 1.

Mindestens ein Dutzend Forscherteams arbeitet heute auf der ganzen Welt daran, den Supernovae des Typs Ia ihre letzten Geheimnisse zu entreißen. Ohne Zweifel steht der Anbruch des »Goldenen Zeitalters« der Supernovaforschung kurz bevor. In zehn Jahren werden die Astronomen die Physik der Typ-Ia-Supernovae erheblich besser verstehen als heute – und dabei vielleicht auch das Rätsel lösen, was unser Universum immer weiter aufbläst. <<

FOTO: AKIRA FUJII

Nova U Scorpii hat nur 18. Größe (im Kreis, nicht sichtbar), doch alle zehn Jahre erreicht sie für wenige Tage 8. oder 9. Größe. Irgendwann in den nächsten 700 000 Jahren wird sie als Supernova explodieren – und heller als die Venus erstrahlen.

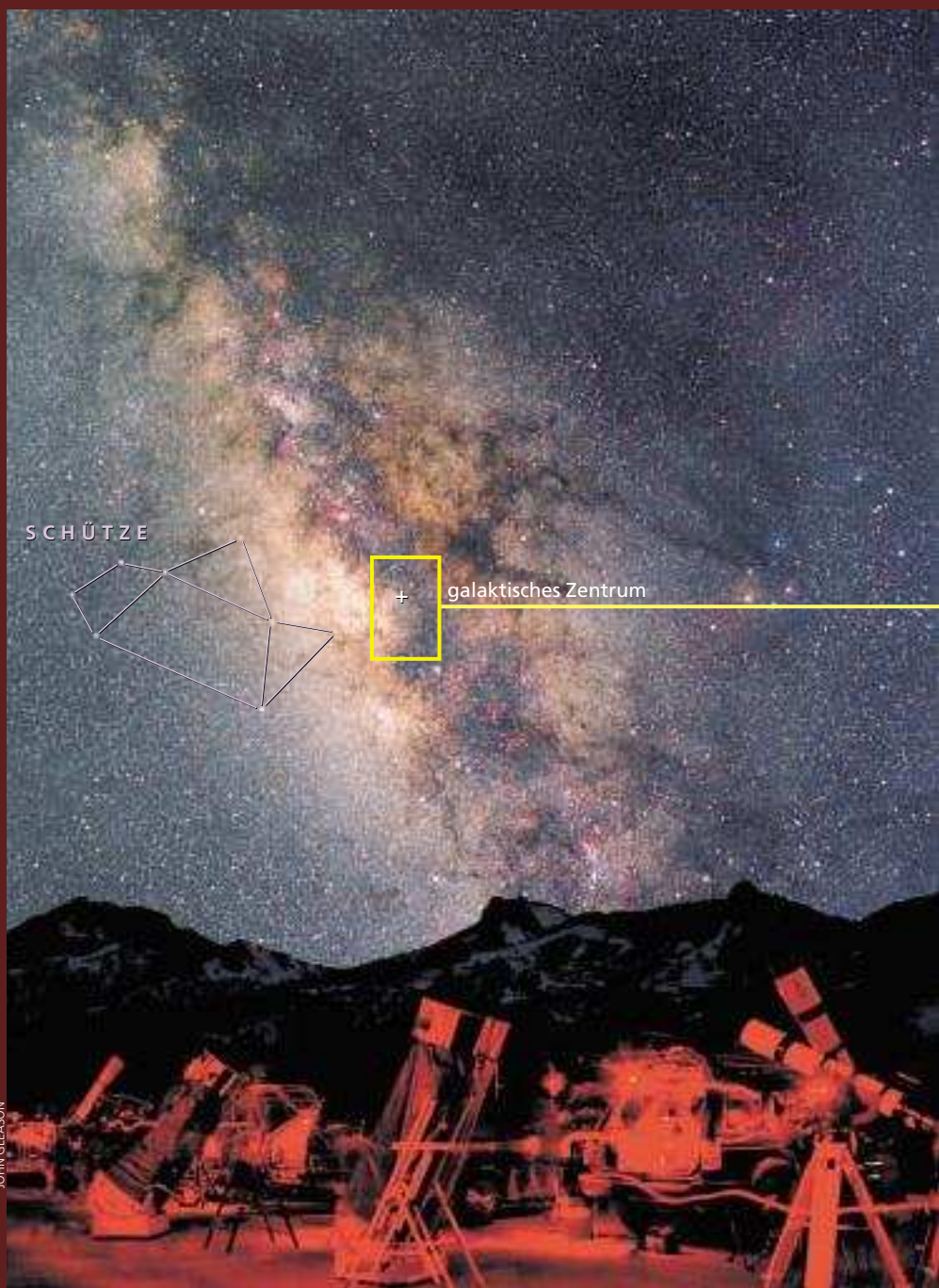
Stephen Maurer ist Wissenschaftsjournalist und lebt in San Francisco. Er schreibt unter anderem für Nature, Science und S&T. **Andrew Howell** ist Forscher am Lawrence Berkeley National Laboratory und Mitglied des »Supernova Cosmology Project«.



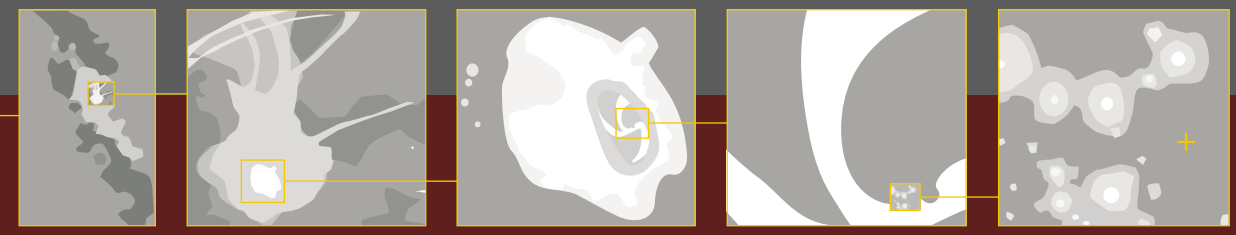
REISE ZUM MITTELPUNKT

ASTRONOMIE HEUTE entführt Sie diesmal ins Sternbild Schütze. Tief im Innern unserer Milchstraße sind die Astrophysiker einzigartigen Objekten auf der Spur.

>> Angelle Tanner



Ein Blick in die Tiefen unserer Galaxis. Diese Fotomontage der Milchstraße wurde aus mehreren Einzelaufnahmen zusammengesetzt. Als Vordergrundmotiv diente eine »Star Party« im Volcanic National Park in Kalifornien. Der kleine gelbe Rahmen zeigt das Gebiet, das auf den beiden Aufnahmen rechts im Detail zu sehen ist.

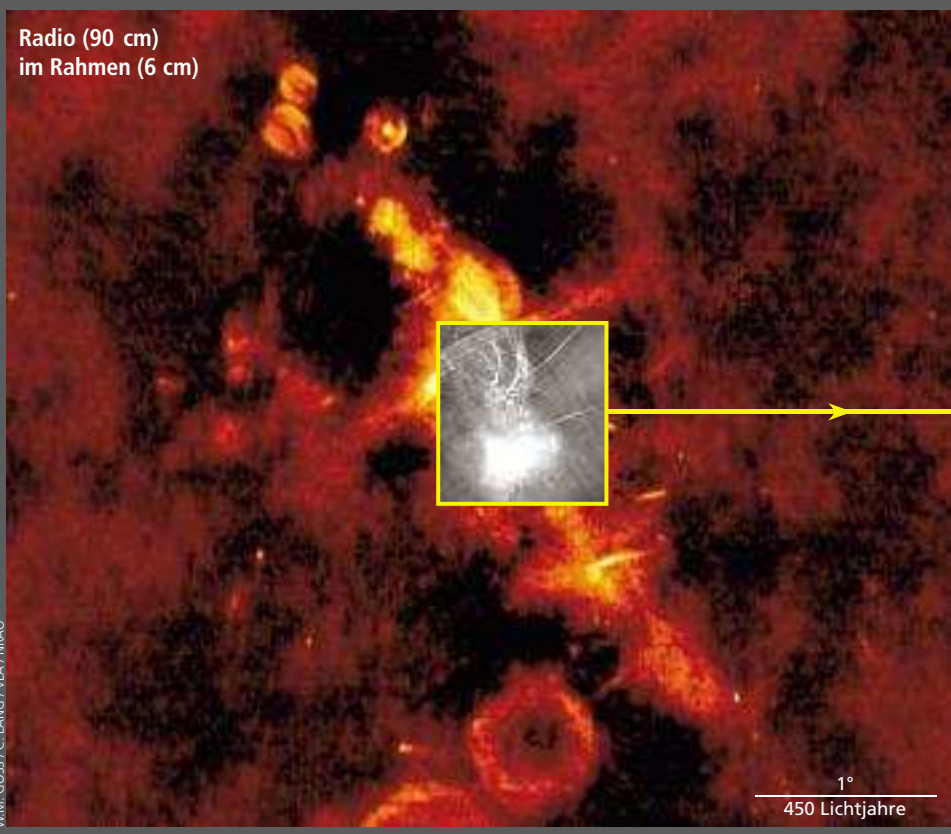


DER GALAXIS

Was liegt im Herzen unserer Galaxis? Schaut man in einer klaren dunklen Nacht zum Zentrum unserer Milchstraße empor, so erblickt man dort viele leuchtende Sternwölkchen, die verheißungsvoll durch ein löchriges schwarzes Band aus interstellarem Staub funkeln. Dieser verwehrt uns den Blick ins Zentrum der Galaxis. In den letzten Jahrzehnten ist es den Astronomen jedoch gelungen, das dunkle Staubband immer weiter zu durchdringen. So haben wir heute bei Infrarot-, Radio- und Röntgenwellenlängen einen relativ freien Blick auf das Zentrum der Milchstraße – und stellen fest, dass sich dort eine Menge tut. Denn der Kern unserer Galaxis wimmelt nur so von exotischen Phänomenen und Objekten. Begleiten Sie uns auf einer Reise, die uns über eine Entfernung von 26000 Lichtjahren tief ins galaktische Zentrum führt.

Als Erstes fallen unsere Blicke auf einen besonders hellen Fleck nur we- >

2MASS / IPAC



W.M. GOSS / C. LANG / VLA / NRAO

Durch den Staub hindurch
Eine Infrarotansicht des galaktischen Zentrums (links). Die Aufnahme lässt die Millionen Sterne in diesem Bild nur erahnen.
Rechts der gleiche Ausschnitt wie links, diesmal im Radiobereich bei Wellenlängen von neunzig beziehungsweise sechs Zentimetern (im Rahmen).

> nig oberhalb der Tülle der »Teekanne«, wie das Sternbild Schütze im nordamerikanischen Raum auch oft genannt wird. Dieser Fleck ist die Große Sagittarius-Sternwolke, die – einem Dampfwölkchen gleich – aus der Kannentülle aufsteigt. Das galaktische Zentrum liegt einige Grad westlich davon und bleibt für unsere Augen hinter dichten Staubwolken verborgen. Im sichtbaren Licht macht es durch rein gar nichts auf sich aufmerksam.

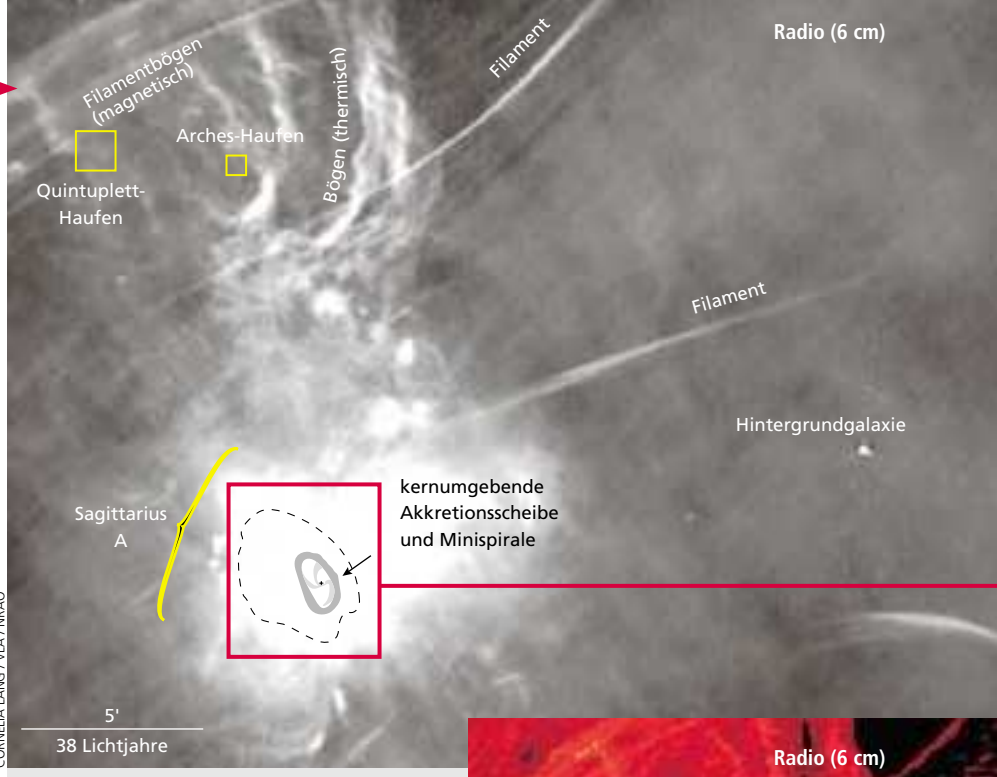
Im Bauch der Galaxis

Betrachtet man die Region mit Infrarotaugen wie im Bild auf Seite 29 links, wird die Sicht schon besser. Denn bei diesen Wellenlängen schimmern die dichten Sternansammlungen, die das galaktische Zentrum umgeben, durch das Staubband hindurch. Doch auch deren Licht ist immer noch beträchtlich geschwächt. Der große, im Bild rötlich erscheinende Bereich hinter dem fleckigen Vordergrund ist der innere Teil des »Bauches« unserer Galaxis – die Astrophysiker nennen ihn »Bulge« – und hat eine Ausdehnung von rund 500 Lichtjahren. Die dunklen Flecken sind besonders dichte Staubwolken. Eine davon verdeckt die zentrale Sterngruppe unserer Galaxis: Ein kleiner, etwa dreißig Lichtjahre großer, sehr heller Bereich, in dem sich viele Millionen Sterne drängen.

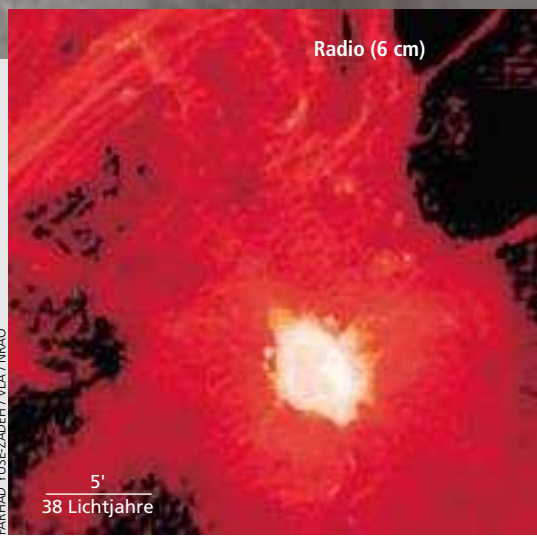
Hier bietet die Radioastronomie einen Ausweg: Mit ihren Wellenlängen durchdringt sie den Staub problemlos. Das interstellare Gas leuchtet im »Radiolicht« wie eine einzigartige Kollektion sich überlappender Fäden (siehe Bild oben). Zu den auffälligsten gehören die dünnen von Ost nach West verlaufenden Filamente, welche die galaktische Ebene im rechten Winkel kreuzen (siehe großes Bild oben). Diese Gebilde, die man bisher eben nur aus dem Zentrum unserer Galaxis kennt, strahlen im Radiobereich so genannte Synchrotronstrahlung (siehe Glossar) ab. Aus den Filamenten schließen die Astrophysiker auf ein gleichförmiges Magnetfeld, welches das galaktische Zentrum durchzieht.

Das im Radiobereich aufgenommene Bild auf Seite 37 rechts zeigt große wie kleine ringförmige Supernova-Überreste, die von massereichen, kurzlebigen Sternen im Zentralgebiet unserer Galaxis stammen. Die Explosionswellen pflügen durch die sie umgebende interstellare Materie und verdichten sie so stark, dass fortlaufend neue massereiche Sterne entstehen können. Diese bringen ihrerseits wieder neue Supernovae hervor.

Das große, helle Gebiet im Zentrum der Aufnahme oben ist die mit einem Durchmesser von mehr als fünfzig Lichtjahren sehr große und starke Radioquelle Sagittarius A. Neben unserer Sonne ist sie eines der hellsten Objekte am Himmel der Radioastronomen. Die östliche Seite, Sagittarius A Ost, scheint der Überrest einer Hypernova (siehe Glossar) zu sein. In der linken Hälfte des Ovals entdeckten die Forscher ein Gebilde, das sie Minispirale tauften, da es nur etwa eine Bogenminute (etwa sieben Lichtjahre) groß ist und wie eine Spirale aussieht. Eine starke, punktförmige Radioquelle etwas außerhalb des Zentrums der Mi-



CORNELIA LANG / VLA / NRAO



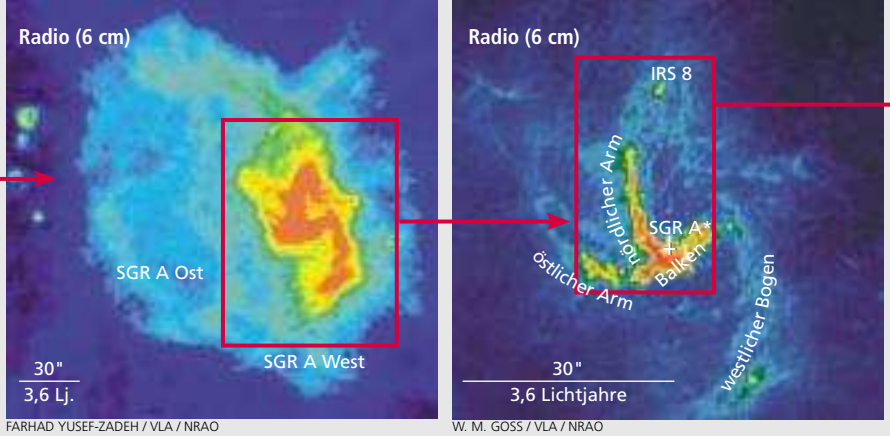
FARHAD YUSE-ZADEH / VLA / NRAO

Turbulente Bögen (Arches)

Zahlreiche dünne magnetische Fäden gehören neben Sagittarius A (Sgr A), einer der ersten bekannten Radioquellen, zu den auffälligsten Gasstrukturen, die in einem 0,5 Grad großen Gebiet um das galaktische Zentrum herum entdeckt wurden. Auf der Falschfarbendarstellung rechts ist der dreißig Lichtjahre große zentrale Sternhaufen als helles Oval im Innern von Sgr A deutlich erkennbar.

GLOSSAR

Synchrotronstrahlung entsteht, wenn fast lichtschnelle Teilchen durch ein Magnetfeld laufen und dort abgelenkt werden.
Hypernova nennt man die Explosion eines extrem massereichen Sterns mit mehr als hundert Sonnenmassen.
Sterne werden nach ihrem Spektrum in verschiedene **Spektraltypen oder -klassen** eingeteilt. An der Spitze stehen blauweiße und weiße Sterne hoher Oberflächentemperatur, am Ende rote Sterne niedriger Temperatur. Sterne des Spektraltyps M sind zumeist rote Überriesen.
Akkretionsscheiben sind Scheiben aus Materie, die sich durch den Zustrom von Gas und Staub um massereiche Objekte wie junge Sterne, Doppelsternsysteme und Schwarze Löcher bilden.



FARHAD YUSEF-ZADEH / VLA / NRAO

W. M. GOSS / VLA / NRAO

Das helle Oval in Sgr A lässt die Minispirale besonders deutlich hervortreten (links). Eine Radioansicht mit höherer Auflösung (rechts) zeigt die Hauptkomponenten der Minispirale. Gasströme stürzen auf das zentrale Schwarze Loch zu.

nispirale trägt den Namen Sagittarius A* (gesprochen: »A Stern«). Diese markiert das dynamische Zentrum unserer Milchstraße – ein Schwarzes Loch mit einer Masse von drei Millionen Sonnen.

Den ersten Hinweis, dass es sich bei Sgr A* um etwas ganz Besonderes handelt, gaben Geschwindigkeitsmessungen der verschiedenen Teile der Minispirale. So legt etwa die Bewegung des »nördlichen Arms« die Vermutung nahe, dass Materie dort auf ein Objekt zuströmt, das viele Millionen Sonnenmassen schwer ist und genau an der Position von Sgr A* liegt.

Akkretionsscheibe im Zentrum

Früher glaubte man, die Minispirale sei durch Dichtewellen entstanden, ähnlich jenen, die in Galaxien die großen Spiralarme erzeugen. Die neuen Daten deuten allerdings darauf hin, dass die Materie der Minispirale aus einem Ring oder einer Scheibe dichten molekularen Gases gespeist wird. Dieses Gebilde liegt außerhalb der Minispirale und wird auch als kernumgebende Akkretionsscheibe (siehe Glossar und Bild rechts) bezeichnet. Sie umkreist die Minispirale mit einer Geschwindigkeit von hundert Kilometer pro Sekunde. Durch Zusammenstöße von Gas- und Staubteilchen in ihrem Innern werden Teile des Bahndrehimpulses abgeführt. Materie aus der Scheibe löst sich und fällt nach innen. So entsteht ein mehrere tausend Sonnenmassen starker Strom, der auf das bei Sgr A* lauernde massereiche Objekt stürzt.

Mit Infrarotteleskopen hat man einige interessante Objekte in und um die Minispirale herum entdeckt: eine Gruppe heißer Sterne, die im nördlichen Arm eingebettet sind und einen starken Sternwind abströmen und die mit dem dort vorhandenen Gas und Staub in Wechselwirkung stehen; eine Blase geringer Dichte (die so genannte Mini-Einbuchtung), die vom Wind eines oder mehrerer heißer Sterne freigeblasen wurde; und schließlich einen Überriesen vom Spektraltyp M (siehe Glossar), der unter dem Namen IRS 7 (Infrared Source 7, Infrarotquelle 7) bekannt ist. Die nähere Untersuchung der Strahlung von IRS 7 förderte eine Überraschung zu Tage: Das Objekt besitzt einen Schweif! Die Staubfahne, die der aufgeblähte Stern hinter sich herzieht, besteht wahrscheinlich aus Materie, die aus seiner äußeren Atmosphäre fortgeblasen wurde. Dafür sind vermutlich die Winde der heißen Sterne im Sternhaufen IRS 16 verantwortlich, der mitgliederreichsten Gruppe in einem Radius von einem Lichtjahr um Sgr A*.

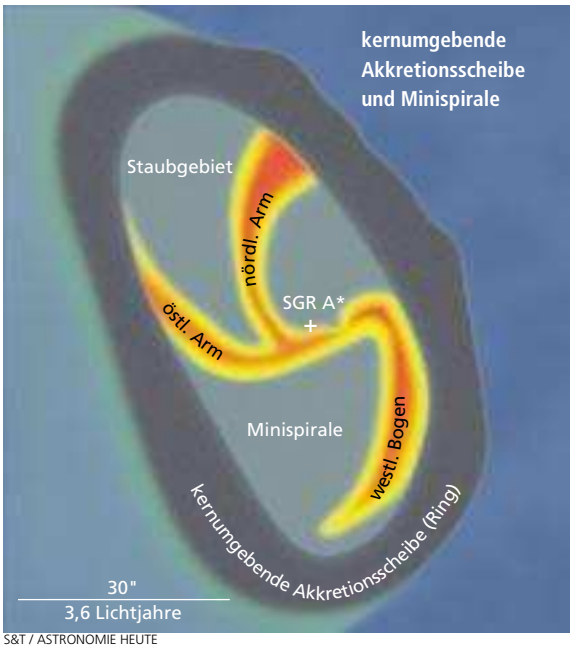
Millionen Sterne aller Massen und Spektraltypen drängen sich um die Kernregion unserer Galaxis, doch nur die leuchtkräftigsten von ihnen sind im Infrarotlicht sichtbar. Der Umstand, dass hier junge, blaue Überriesen und ältere, rote Riesensterne nebeneinander vorkommen, lässt auf mehrere aufeinander folgende Sternentstehungsepochen schließen. Ausgelöst wurden diese womöglich durch sporadische Zusammenstöße interstellarer Gaswolken. Die Kräfte, die von der großen zentralen Masse, den turbulenten Sternwinden und vom Magnetfeld ausgehen, behindern den sonst in der Galaxis üblichen, durch Gravitationskollaps ausgelösten Sternentstehungsprozess. Damit die Gaswolken überhaupt kollabieren können, müssen sie sehr viel massereicher und dichter sein als anderswo. Der Prozess muss außerdem von äußeren Kräften wie Supernova-Explosionen unterstützt werden. Bei solchen Bedingungen ist es nicht weiter verwunderlich, dass das galaktische Zentrum ungewöhnlich viele neugeborene Sterne mit besonders hohen Massen aufweist.

Die den Kern umgebende Akkretionsscheibe umschließt und füttert die Minispirale. Wahrscheinlich verlieren Gaswolken, die in der Scheibe miteinander kollidieren, einen Teil ihres Bahndrehimpulses, sodass sie nach innen fallen.

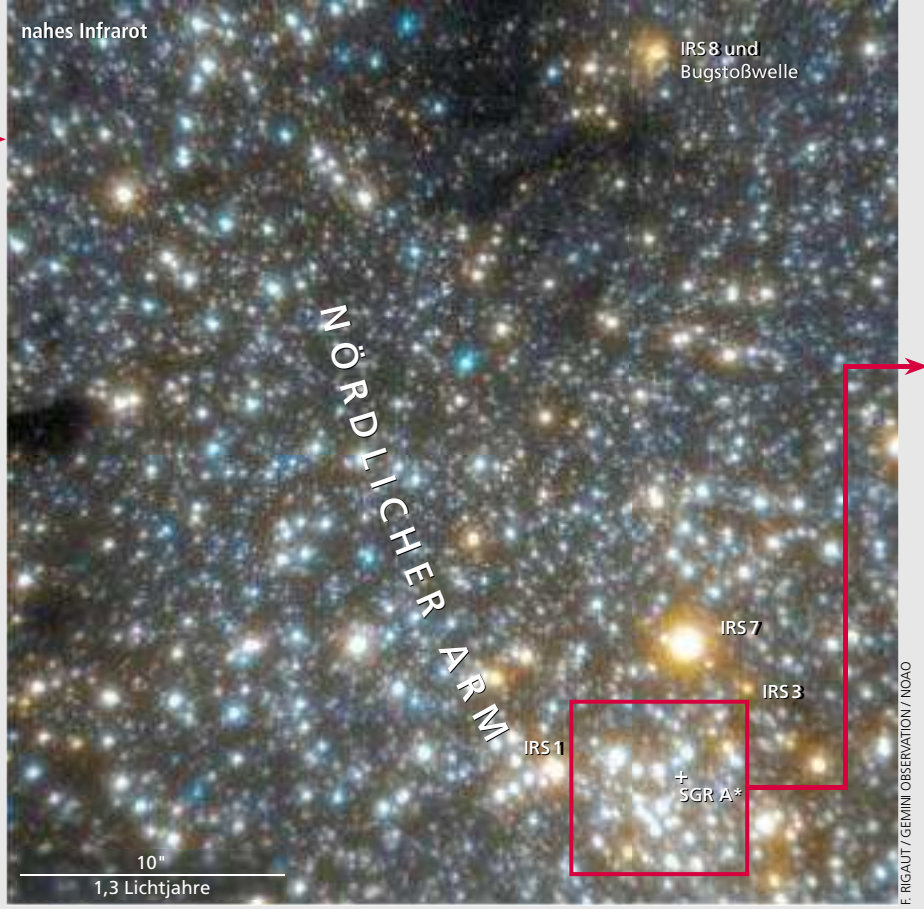
Einige der hellsten Sterne, wie etwa IRS 8, sind von klar erkennbaren, leuchtenden Nebeln umgeben. Die hufeisenförmige Struktur, die den Stern umgibt, entsteht durch den Sternwind und dem Staub, der aus Richtung des nördlichen Arms einströmt. Wo beide aufeinander treffen, bildet sich eine Bugstoßwelle.

Wie ein Fels in der Brandung

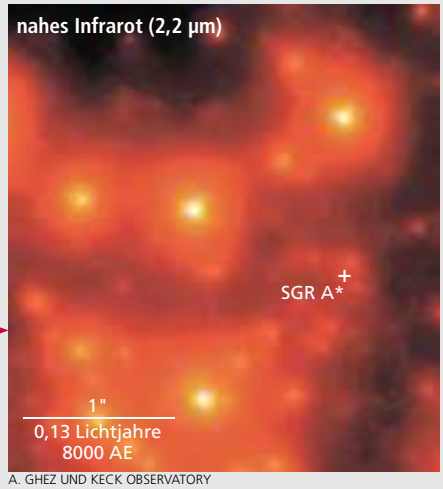
Die im nördlichen Arm mit rund hundert Kilometer pro Sekunde einströmende Materie staut sich an dem etwa zehnmal schneller blasenden Sternwind auf – ähnlich wie Wasser in einem Fluss einen Felsbrocken umfließt. Dringen wir noch tiefer in das Innerste der Milchstraße ein, schrumpft unser Gesichtsfeld auf eine Bogensekunde oder 0,13 Lichtjahre zusammen. In den letzten acht Jahren untersuchte eine von Andrea Ghez geleitete Forschungsgruppe an der University of California in Los Angeles die Eigenbewegung von Sternen in diesem zentralen Bereich. Dabei stellte sich heraus: Einige >



S&T / ASTRONOMIE HEUTE



F. RIGAUT / GEMINI OBSERVATION / NOAO

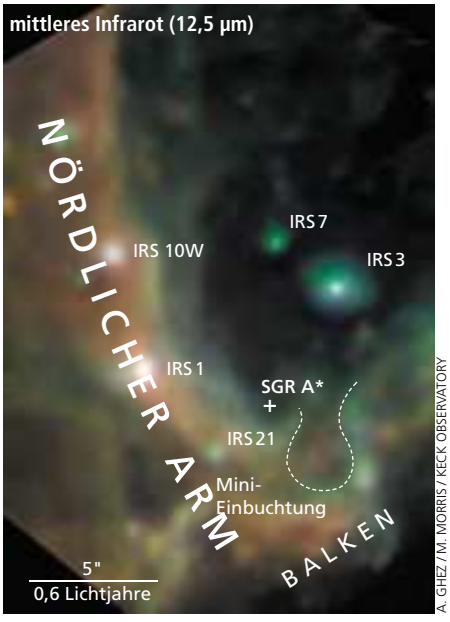


A. GHEZ UND KECK OBSERVATORY

Die große Anzahl an Sternen wird bei Aufnahmen im nahen Infrarot besonders gut sichtbar. Diese hochaufgelöste Aufnahme entstand am 8-Meter-Gemini-Nord-Teleskop (links). Der zentrale Sternhaufen IRS 16 (oben) bei 2,2 Mikrometer Wellenlänge in einer Nahaufnahme

> der Objekte kreisen ganz eindeutig um Sgr A*.

So läuft der Stern S0-16 bei seiner größten Annäherung mit einer Geschwindigkeit von 9000 Kilometer pro Sekunde in nur sechzig Astronomischen Einheiten (AE) Distanz, das entspricht dem Eineinhalbfachen der mittleren Entfernung Pluto – Sonne, um das Schwarze Loch. Aus den Kepler'schen Gesetzen folgern die Astronomen, dass die Menge der in diesem Raum eingeschlossenen Materie mindestens drei Millionen Sonnenmassen betragen muss. Der überzeugendste Beweis für die Existenz eines supermassereichen Schwarzen Lochs!



A. GHEZ / M. MORRIS / KECK OBSERVATORY

Zoom ins Zentrum der Minispirale bei einer Wellenlänge von 12,5 Mikrometern, die Staub bei Zimmertemperatur sichtbar macht. Die punktförmigen Infrarotquellen (IRS) auf dieser Falschfarbenaufnahme sind Überriesensterne. Das Schwarze Loch bei Sgr A*, dem Zentrum unserer Galaxis, ist unsichtbar.

Ein Schwarzes Loch auf Diät

Eine andere Gruppe unter der Leitung von Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching untersucht ebenfalls seit Jahren die Bahnen der Sterne im zentralen Haufen unserer Galaxis. Letzten Oktober veröffentlichten sie ihre Ergebnisse über die Bahnbewegung des Sterns S0-2. Genzels Team errechnete dabei für das Schwarze Loch eine Masse von 2,6 Millionen Sonnen, was unsere Messungen bestätigt.

Die kompakte Natur von Sgr A* wird auch von der sich zeitlich rasch ändernden Röntgenstrahlung des Objekts gefestigt. Drastische Schwankungen innerhalb von nur zehn Minuten lassen vermuten, dass der Durchmesser der Röntgenquelle nicht größer als zehn Lichtminuten (das entspricht etwa einer AE oder 150 Millionen Kilometern) sein kann, weil deren Signale sonst »verschmiert« auf der Erde ankämen (siehe ASTRONOMIE HEUTE Juli/August, S. 62, »Wie groß ist ein Lichtpunkt?«). Die Röntgenstrahlung stammt vermutlich von heißer Materie, die kurz davor steht, in das Schwarze Loch hineinzustrudeln. Die Gesetze der Physik fordern jedoch, dass eine so große Masse in einem derart kleinen Volumen nur als Schwarzes Loch existieren kann. Die Masse des Lochs bestimmt dabei dessen Größe. Im Fall unserer Milchstraße blicken wir in einen 16 Millionen Kilometer breiten Schlund.

Für das Zentrum einer Galaxie ist Sgr A* bemerkenswert ruhig und lichtschwach. Normalerweise beobachten wir aus seiner Richtung keine nennenswerte Infrarotstrahlung und eine nur sehr schwache, unregelmäßige Röntgenstrahlung. Offenbar »hungert« das Loch gerade aus Mangel an passendem Futter. Geoffrey Bower von der University of California in Berkeley und einige seiner Kollegen haben jüngst berechnet, dass die vom Loch verschlungene Materiemenge weniger als eine zehnmillionstel Sonnenmasse pro Jahr ausmacht. Das ist

tausendmal weniger als frühere Untersuchungen vermuten ließen. Möglicherweise blasen die vielen heißen Sterne in der Nachbarschaft das einfallende Gas mit ihren Sternwinden fort, bevor es sich dem Loch nähern kann.

Dies könnten aber auch Eruptionen erledigt haben. Beobachtungen, die letztes Jahr mit dem neuen Chandra-Röntgenteleskop gewonnen wurden, offenbarten erstmals die Existenz von zwei Blasen aus zwanzig Millionen Grad heißem Gas, die sich vom Zentrum unserer Milchstraße über Dutzende von Lichtjahren hinweg in den Raum erstrecken. Frederick Baganoff und seine Kollegen vom Massachusetts Institute of Technology in Cambridge verkündeten im Januar, dass es sich hierbei höchstwahrscheinlich um die Überreste mächtiger Eruptionen handelt – aus einer Zeit, in der das Schwarze Loch unserer Milchstraße noch sehr viel aktiver war als heute.

Unsere Reise hat uns bis ins Herz der Milchstraße geführt. Treten wir, bevor wir unsere Tour beenden, noch einmal ein Stückchen zurück und nehmen einige weitere lohnende Sehenswürdigkeiten der Gegend in Augenschein. Mindestens hundert Lichtjahre vom galaktischen Zentrum in Richtung Nordnordost entfernt liegt inmitten unzähliger Sterne eine Ansammlung faszinierender rekordverdächtiger Objekte: die massereichen Arches- und Quintuplett-Sternhaufen, der Pistolenstern sowie der Pistolennebel.

Rauchende Colts

Der Pistolenstern ist ein aussichtsreicher Kandidat für den Titel »Mister Universum«, denn er ist der bisher massereichste bekannte Stern. Eine kosmische Waage würde ein Gewicht von 200 bis 250 Sonnenmassen anzeigen. Die Existenz eines derart schweren Sterns lässt sich mit der heute gültigen Sternentstehungstheorie kaum erklären.

Einige Astronomen vermuten, dass der Pistolenstern in Wirklichkeit ein Doppel- oder Mehrfachsystem ist. Der Pistolennebel wird von der intensiven Ultraviolettstrahlung des nahe gelegenen Quintuplett-Haufens zum Leuchten angeregt. Dieser verdankt seinen Namen den fünf verhüllten Infrarotsternen, die hier ursprünglich beobachtet wurden. Westlich des Quintuplett-Haufens folgt ein weiterer Kandidat fürs Guinessbuch der Rekorde: der Arches-Haufen, benannt nach den in der Nähe liegenden Arches-Filamenten, die im Radiobereich auffällig strahlende Bogenstrukturen zeigen. Eigentlich ist es überraschend, solch große Sternhaufen noch so dicht am galaktischen Zentrum zu finden. Denn diese hätten von dessen starken Gezeitenkräften schon längst zerrissen werden müssen.

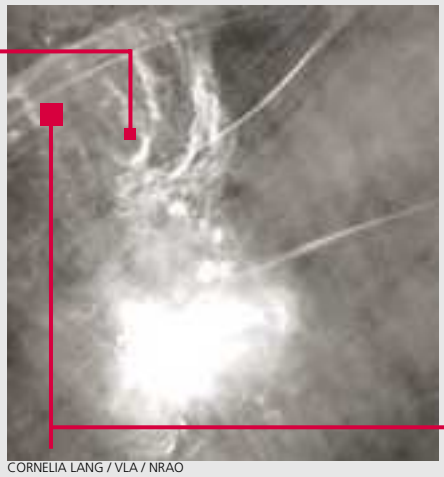
Bei unserem Ausflug ins galaktische Zentrum haben wir den Zoom unseres Objektivs auf den letzten Seiten immer weiter bis auf das 120 000fache erhöht. Bei jedem Stopp sind wir auf Objekte gestoßen, die es auch in den Zentren anderer Galaxien gibt. Noch leistungsfähigere Teleskope und Beobachtungen anderer Galaxienzentren werden uns in Zukunft helfen, viele erstaunliche Phänomene in der Mitte unserer eigenen Welteninsel besser zu verstehen. <<

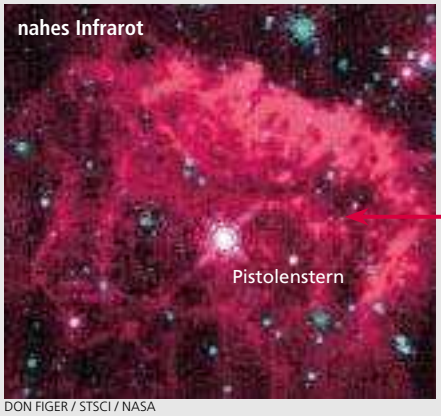
Angelle Tanner ist Doktorandin an der University of California in Los Angeles. In ihrer Doktorarbeit, die sich mit dem galaktischen Zentrum befasst, untersucht sie eine Reihe von Strahlungsquellen im nördlichen Arm der Minispirale.

DON FIGER / STSCI / NASA

Der Arches-Haufen (oben)

Mindestens hundert Lichtjahre vom galaktischen Kern entfernt, ist die dichteste Ansammlung heißer, massereicher Sterne, die wir in unserer Galaxis kennen. Die drei Infrarotaufnahmen auf dieser Seite wurden mit der Nicmos-Kamera des Hubble-Weltraumteleskops gemacht.

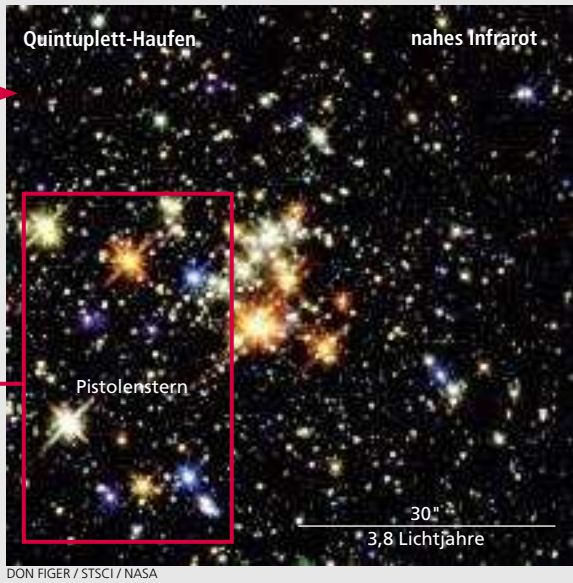

CORNELIA LANG / VLA / NRAO



DON FIGER / STSCI / NASA

Der Quintuplett-Haufen (unten)

ist nach fünf verhüllten, orangefarbenen Sternen benannt. Er liegt über hundert Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt und enthält viele massereiche, heiße Sterne – darunter den Pistolenstern, der seinen Namen dem pistolenförmigen Nebel um ihn herum verdankt.



DON FIGER / STSCI / NASA

PERFEKTE SPIRALE

Professionelle Astronomen bezeichnen sie als die perfekte Galaxie. Amateurbeobachter dagegen nennen sie den perfekten Geist. Die Rede ist von NGC 628, besser bekannt als Messier 74, das Motiv dieser faszinierenden Himmelsaufnahme. Sie wurde mit dem 8,1-Meter-Spiegel des Gemini-Nord-Teleskops auf Mauna Kea auf Hawaii gemacht. M 74 ist der wohl am schwersten fassbare Eintrag in Charles Messiers berühmtem Katalog der Sternhaufen, Nebel und Galaxien. Mit einer visuellen Helligkeit von 9,4ter Größe sollte sie ein leichtes Ziel sein. Doch vor der Hintergrundhelligkeit des Nachthimmels ist diese Spirale sehr schwer auszumachen. Amateure lernen schnell, dass Himmelsbedingungen wichtiger sind als Teleskopöffnungen, wenn sie versuchen, diese Galaxie mit elf Bogenminuten Durchmesser im Sternbild Fische ihrer Liste der beobachteten Messier-Objekte hinzuzufügen.

M 74 beheimatet zirka hundert Milliarden Sterne und ist damit ein bisschen kleiner als die Milchstraße. In Amateurteleskopen erscheint diese direkt von oben gesehene Galaxie als runder Nebel mit einem dichten Kern. Auch wenn sie mit hellen Knoten und dunklen Flecken durchzogen sind, können die locker gewundenen Spiralarme von M 74 nur mit einem scharfen Auge oder guter Abbildungstechnik gesehen werden. Die prächtige Aufnahme – mit nahezu sechs Bogenminuten in der Diagonale – stellt viele

GEMINI OBSERVATORIUM / GMOS TEAM

feine Details der den Astronomen bekannten galaktischen Strukturen heraus. Blau-weiße Sternhaufen, rote Emissionsnebel und eine netzähnliche Struktur von Staubstreifen können mit erstaunlicher Klarheit unterschieden werden. Ein großer Teil der Galaxie ist mit einem rosa Schimmer überzogen. Dies deutet darauf hin, dass die Scheibe von M74 in einen Halo älterer Sterne eingepackt ist.

Die Aufnahme von M74 wurde mit dem Gemini-Multi-Object-Spectrograph (GMOS) in der Nacht vom 13. auf den 14. August 2001 gemacht. Sie ist beispielhaft für die Effizienz heutiger digitaler Abbildungstechniken. Für jedes der vier roten und der vier grünen Bilder brauchte GMOS nur 120 Sekunden und für die gleiche Anzahl blauer Aufnahmen nur 240 Sekunden. Mit dem fertigen Farbkomposit wird der Geist von M74 endlich greifbar.<<

S&T-Redakteur **Ken Hewitt-White** bewundert perfekte Galaxien schon seit über drei Jahrzehnten. Er beobachtet diese mit einem 43-Zentimeter-Dobson-Teleskop in großen Höhen im Süden der kanadischen Provinz British Columbia.

Andere Länder, andere Sichtweisen

Welche Figuren die Sterne am Nachthimmel nachzeichnen, liegt allein im Auge des Betrachters. **>> Fred Schaaf**

An einem Oktoberabend kann man am Firmament viele wundervolle Sternbilder entdecken. Die einzigartig schöne Sternverteilung in dieser Jahreszeit regt die Vorstellungskraft an und lässt uns unterschiedlichste Formen erkennen. Je nach kulturellem Hintergrund sieht man da ein auf dem Kopf stehendes geflügeltes Pferd, oder ein langes Seil mit einem gigantischen Eimer daran, der nahe der Himmelsmitte hängt. Und weit im Süden sitzen vielleicht zwei einsame Frösche. Aber mehr dazu später!

Auf unserer Karte sind Sterne bis zu einer Helligkeit von 5. Größe eingezeichnet, wie man sie bereits in Vorstädten sehen kann. Innerhalb des großen Eimers bemerkt man nur zwei schwache Sterne 4,6ter Größe. In einer extrem dunklen Nacht reicht die Grenze für Beobachtungen mit dem bloßen Auge bis zur 6,5ten Größe. Sieht man in solch einer Nacht nach oben kann man sogar 37 Sterne in diesem Viereck zählen.

FOTO: AKIRA FUJII

Nicht einer Prinzessin gleicht Andromeda, sondern eher zwei Strängen aus Sternen. Pegasus ähnelt eher einem Viereck als der Kontur eines Pferds.

Sternbilder mit Geschichten

Ein unvergessliches Paar von Sternbildern der Antike bevölkert zurzeit den abendlichen Osthimmel: Pegasus, das fliegende Pferd der Musen und Andromeda, die angekettete Prinzessin. Der Körper des legendären Flügelrosses, vier Sterne 2. Größe in nahezu quadratischer Anordnung, ist auch als das große Herbstviereck bekannt. Dessen westliche Kante liegt ziemlich genau auf der 23-Uhr-Linie der Rektaszension und bildet die Brust des kopfstehenden Pferds. Die östliche Seite kreuzt fast die 0-Uhr-Linie.

Weiter südwestlich des Vierecks markiert eine ebenso helle Sonne die Nüstern des Pferds. Der Stern in der nordöstlichen Ecke gehört eigentlich gar nicht zu Pegasus. Er heißt Alpheratz oder Sirrah – beides arabisch für »Nabel des Rosses« – und ist Teil des Sternbilds Andromeda. Dieses besteht im Wesentlichen aus zwei Sternsträngen, die von Sirrah ausgehen. Die berühmte Andromedagalaxie (M31) befindet sich auf der nördlicheren schwächeren der beiden. Das Sternbild stellt die äthiopische Prinzessin Andromeda aus der griechischen Mythologie dar, die dem Meeresungeheuer (»Cetus«, der Walfisch) geopfert werden sollte, aber vom Helden Perseus rechtzeitig gerettet wurde.

Die arabischen Astronomen sahen das oben schon angesprochene völlig andere Bild vom helleren Sternenstrang und dem Herbstviereck: ein langer Strick und ein Eimer für einen Tiefbrunnen.

Alles Ansichtssache

Unsere Übersichtssternkarte auf Seite 50 zeigt das Sommerdreieck aus Wega, Atair und Deneb südwestlich des Zenits. Helle Sterne und Sternhaufen schmücken den Nordosten. Im Süden stehen einige wenige Lichtpunkte wie Leuchttürme in der Dunkelheit. Einer dieser Sterne ist Fomalhaut im Sternbild Südlicher Fisch (»Piscis Austrinus«) mit einer scheinbaren Helligkeit von 1. Größe. Jetzt ist die günstigste Jahreszeit, um ihn zu beobachten.

Die Araber hatten auch eine andere Sichtweise für Fomalhaut und Beta Ceti (β Cet) im Sternbild Walfisch. Letztgenannte Sonne taucht in Atlanten oft als Deneb Kaitos auf, was Schwanz des Wals bedeutet. Ein anderer Name für ihn ist Difda – »Frosch«. Die Araber nannten ihn deshalb auch »den zweiten Frosch«. Fomalhaut, der andere helle Stern dieser Region, wird heutzutage als das Maul des Südlichen Fischs angesehen. Für die Bewohner des Orients war er »der erste Frosch«. <<

Fred Schaaf freut sich auf Post (in Englisch) per E-Mail an fschaaf@aol.com.

Hochsaison für Sterngucker

Wenn der Sommer dem Herbst weicht, werden die Nächte länger, die Luft klarer und das lästige Ungeziefer verschwindet. Es bleibt noch Zeit um zu beobachten, wie die Milchstraße den Zenit kreuzt. **>> Fred Schaaf**

Eingerahmt von den Sternbildern Schütze (»Sagittarius«) und Skorpion (»Scorpius«) spannt sich das Band der Milchstraße am Ende des Sommers quer über den Himmel. Klare, länger werdende Nächte geben den Blick auf die Attraktionen des Spätsommers frei. Auch die Herbststernbilder stehen schon hoch und einige der Wunder des Winters blinzeln spätnachts über dem Horizont. So stehen im September zwei der wunderschönen Herbstboten in ihrer höchsten Position am Himmel. Es sind der Steinbock (»Capricornus«) und der Wassermann (»Aquarius«). Auf unserer Übersichtskarte kann man sie über dem südlichen Horizont sehen. Ein weiteres Tierkreiszeichen, die Fische (»Pisces«), zieht sich von Ost nach Südost. Verwechseln Sie die Fische nicht mit dem Südlichen Fisch (»Piscis Austrinus«), der sich tiefer als die anderen im Südsüdosten aufhält. Oft verschwinden diese Sternbilder in der Lichtverschmutzung der Städte, dort sind ihre Sterne nur mit dem Fernglas sichtbar. Die Suche nach ihnen wird uns jedoch erleichtert, da diesen Monat der helle Mars im Wassermann den Weg weist. Außerdem enthält der Südliche Fisch den 1.-Größe-Stern Fomalhaut (α PsA), das Maul des Südlichen Fischs.

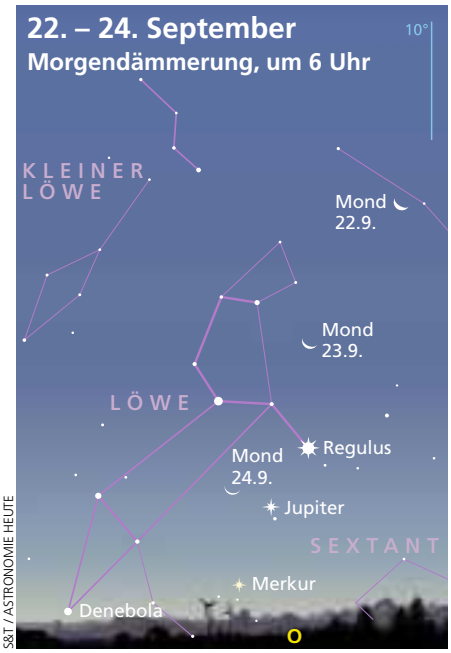
Ein weitaus prägnanteres Merkmal dieser Jahreszeit liegt im Südosten auf halber Strecke zum Zenit. Es ist das markante Herbstviereck, das den Körper des fliegenden Pegasus darstellt (siehe Artikel links). Dreht man die Übersichtskarte so, dass sich der ostsüdöstliche Horizont unten befindet, erscheint das auf der Ecke stehende Viereck eher als funkelnder Diamant denn als Körper des sagenumwobenen Pferds.

Lohnenswert ist auch ein Blick in Richtung des Haupts des Flügelrosses. Dieses ist rechts unterhalb des Herbstvierecks, denn das Pferd steht Kopf. Der orangerote Stern Enif (ε Peg) markiert seine Nüstern. Etwa vier Grad nordwestlich, sozusagen als Atemwolke, entdecken wir den Kugelsternhaufen M 15. Auch wenn er durch ein Fernrohr als eindrucksvoller dichter Schwarm von Sternen erscheint, ist er doch tatsächlich wesentlich kleiner und dunkler, als es sein Symbol auf der Karte vermuten lässt.

Das winzige Sternbild Füchschen (»Vulpecula«) westlich von Pegasus beherbergt ein weiteres Messier-Objekt. Es ist M 27, der »Hantelnebel«. Ebenso wie der Ringnebel (M 57) in der Leier ist auch er ein Planetarischer Nebel, also Materie, die von einem sterbenden Stern abgestoßen wurde. Der Hantelnebel ist wesentlich heller als der Ringnebel und ähnelt vielmehr einem Apfelbutzen, als einer Hantel. Beobachtet man ihn unter einem >

FOTO: AKIRA FUJII

Die Scutum-Sternwolke und der »Wildenten-Sternhaufen« M 11 (siehe S. 51) liegen auf dem Band der Milchstraße südlich des Adlers.



> sehr dunklen Himmel oder mit einem etwas größeren Teleskop, kann man sogar den gesamten, nicht angeknabberten Apfel erkennen.

Noch weiter im Südwesten (siehe Foto Seite 45) beherbergt das ebenfalls kleine Sternbild Schild (»Scutum«, Sct) den offenen Sternhaufen M11. Dieser wird manchmal auch Wildenten-Haufen genannt, da einige seiner hellsten Sterne im Feldstecher ein weites, doppeltes V-Muster bilden, wie man es vom Formationsflug der Wildenten kennt.

Eine weitere Attraktion lässt sich an dieser Stelle in der das Sternbild durchziehenden Milchstraße aufspüren: eine helle, große, rundliche Wolke, die »Schildwolke« oder Scutum-Sternwolke. Man kann sie selbst dann noch beobachten, wenn der Himmel zu trübe ist, um die Sagittarius-Sternwolke im Schützen unweit des Südwesthorizonts zu sehen.

Ganz oben, rechts unterhalb des Zenits, fliegt der wunderschöne Schwan (»Cygnus«) mit den Sternen Deneb als Schwanz und Albireo als Schnabel. Betrachtet man Letzteren durch ein kleines Fernrohr, zeigt er sich als einer der schönsten Doppelsterne am Himmel: der eine gold, der andere blau. Auch Algiedi im Steinbock (α Cap) ist ein Doppelstern und kann bereits mit einem kleineren Fernrohr aufgelöst werden.

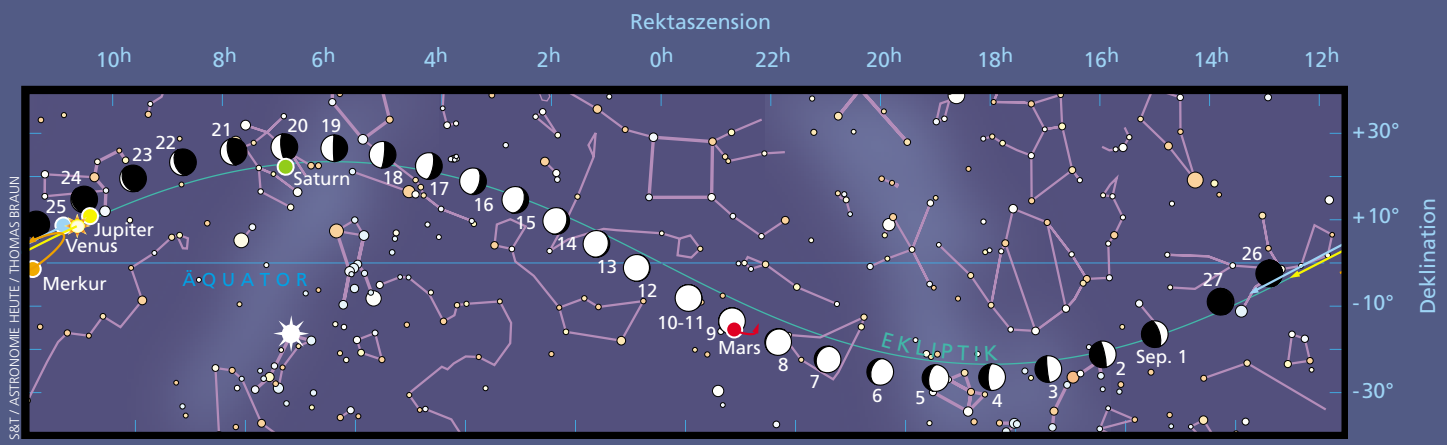
Die Planeten im Herbst

Mars erreichte Ende August seine maximale Helligkeit und wird danach allmählich schwächer. Trotzdem strahlt seine kürbisfarbene Kugel im September heller als –2. Größe mit einem Durchmesser von mehr als zwanzig Bogensekunden. Im Oktober lässt ihn die Erde auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne hinter sich zurück. Doch selbst dann sticht er, mit mehr als –1. Größe, die Konkurrenz am Firmament immer noch locker aus.

Anfang September ist er schon kurz nach Sonnenuntergang im Südosten aufgetaucht. Er erreicht seinen höchsten Punkt am Himmel gegen 1 Uhr nachts am Anfang und gegen 23 Uhr am Ende des Septembers. Im Oktober kann man ihn schon in der Abenddämmerung im Südosten erkennen und gegen 22 Uhr (Sommerzeit) im Süden. Mars bleibt sichtbar bis weit nach Mitternacht.

Um scharfe Bilder von ihm zu bekommen, sollte man ihn betrachten, wenn er hoch im Süden steht. Mit etwas Glück kann man weiße Wolken und zahlreiche graugrüne Gebiete aus Felsen und Böden erkennen. Allerdings könnte dieser Anblick wie bei seiner letzten Annäherung

Der Mond und die Planeten im September 2003



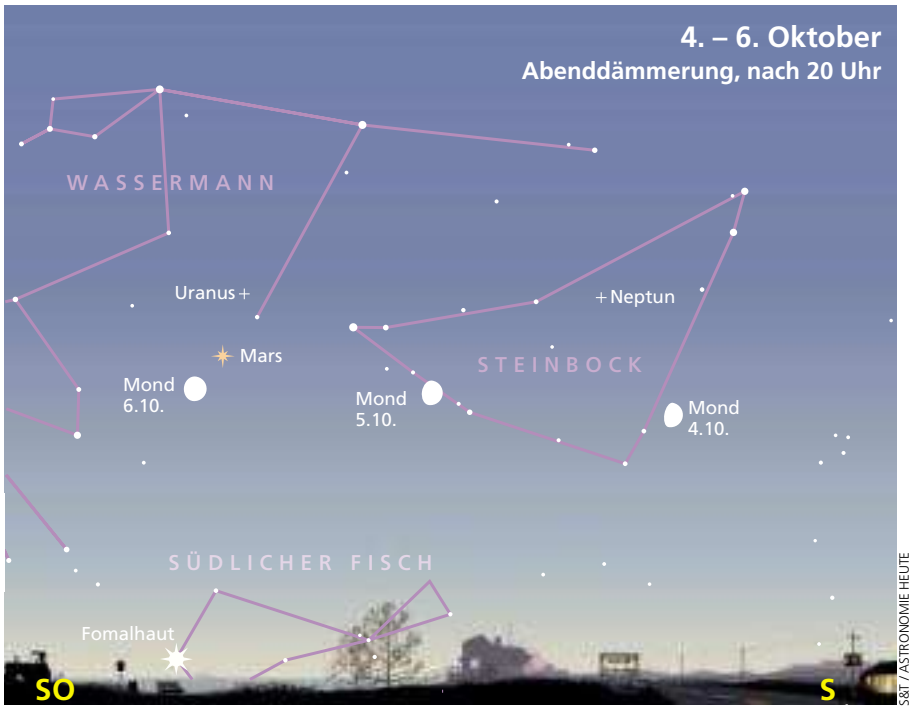
Eingezeichnet sind nur die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

an die Erde im Jahr 2001 durch goldene, wattebauschartige Sandstürme, die die Oberfläche verdecken, zunichte gemacht werden (siehe S. 56, »Sturmwarnung auf Mars«). Man braucht jedoch noch nicht alle Hoffnungen fahren zu lassen, denn er steigt auch weiterhin immer höher, wenn er Ende des Jahres seine Bahn entlang des Tierkreises fortsetzt.

Venus kehrt im Herbst als Abendstern an den Nachthimmel zurück. Allerdings ist sie im September noch in der Abendröte verborgen. Erst gegen Ende des Monats lohnt es sich, mit Ferngläsern rund zwanzig Minuten nach Sonnenuntergang tief im Westen nach ihr Ausschau zu halten. Auch Anfang Oktober ist sie noch schwierig auszumachen, da sie nur eine halbe Stunde nach der Sonne untergeht. Sie steigt jedoch jeden Tag ein bisschen höher und ist in der Dämmerung sogar heller als Mars.

Saturn taucht genau in der Mitte der Zwillinge (»Gemini«) zwischen Ostnordost und Nordost am Horizont auf. Dort kann man ihn am 1. September ab 2 Uhr und gegen Mitternacht am Ende des Monats erblicken. Ende Oktober erhebt sich seine goldene Kugel schon gegen 22 Uhr (Sommerzeit) über den Horizont. Im Laufe der Nacht wandert er immer höher und erreicht in den frühen Morgenstunden den Meridian. Zu dieser Zeit ist er ein wundervolles Beobachtungsziel für kleine Fernrohre, da seine Ringe uns zugeneigt sind und das Planetenscheibchen hell umrahmen.

Jupiter und **Merkur** stecken Anfang September noch im Morgenrot fest. Doch ab Mitte des Monats kann man gegen Ende der Nacht über dem östlichen Horizont beobachten. Jupiter vorneweg verfolgen sie Regulus im Löwen auf ihrer Prozession entlang der Ekliptik. Die drei sind einfach zu entdecken, da Jupiters Leuchten das hellste Licht im Osten ist.



S&T / ASTRONOMIE HEUTE

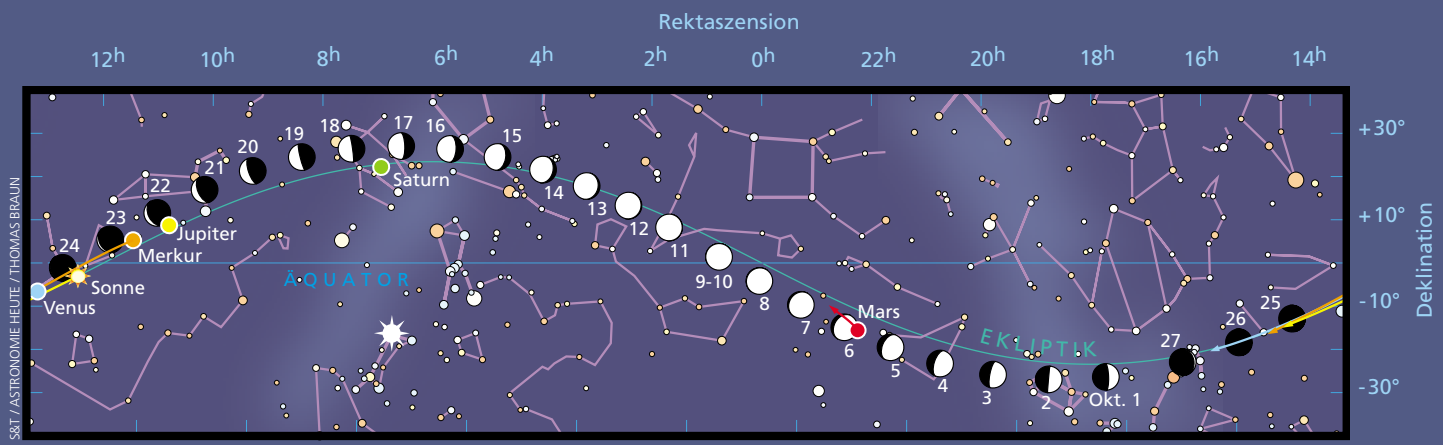
Sonne und Mond

In der Nacht vom 8. auf den 9. September sowie am 5. und 6. Oktober kommt ein großer, heller Mond dem kräftig glühenden Mars ziemlich nahe. Dagegen ist der Erdtrabant, wenn er am späten Abend des 16. Oktober kurz vor Saturn aufgeht, schon beinahe bis zu einem Viertel seiner Größe zusammengeschrumpft. Zu Jupiter und Merkur gesellt sich im morgendlichen Zwielicht des 24. September eine schwache, weiter abnehmende Mondsichel. In der Nähe von Venus am Abend des 26. Oktober ist der Mond nur noch ein extrem schmaler Splitter. Beide kann man knapp oberhalb des westsüdwestlichen Horizonts kurz nach Sonnenuntergang entdecken.

Die Sonne erreicht den Herbstpunkt am 23. September um 12.48 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit. Dies ist einer der zwei Punkte, an dem die Ekliptik, also die scheinbare Bahn der Sonne am Firmament, den Himmelsäquator kreuzt. An diesem Tag steht die Sonne am Erdäquator zur Mittagszeit genau senkrecht – es herrscht weltweit Tag-und-Nacht-Gleiche. Tags darauf wechselt die Sonne auf den Südhimmel über, was sich bei uns auf der Nordhalbkugel dadurch bemerkbar macht, dass sie nicht mehr so hoch steigt und die Tage kürzer werden – der Winter hält Einzug. <<

Fred Schaaf ist ein wandelnder Astronomiekalender und erstellt »Skywatch«, das Jahrbuch von S&T.

Der Mond und die Planeten im Oktober 2003



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Der Pfeil und der Delfin

Die Sternbilder Pfeil und Delfin sind eine wahre Fundgrube für Sterngruppen jeglicher Art. **>> Sue French**

An klaren Oktoberabenden sieht es so aus, als würde der Delfin (»Delphinus«, Del) aus den im Süden und Osten gelegenen Wasser-Sternbildern herausspringen. Direkt über dem Kopf des Delfins scheint der Pfeil (»Sagitta«, Sga) hinwegzufliegen. Diese beiden relativ kleinen Sternbilder sind reich an prachtvollen Deep-Sky-Objekten.

Wir beginnen unsere Tour mit M71 im Pfeil. Die Zuordnung dieses Sternhaufens war lange Zeit umstritten. Einige Astronomen vermuteten, M71 sei ein offener Sternhaufen wie die Plejaden, nur reicher an Sternen. Andere hielten ihn für einen Kugelsternhaufen wie M13, nur weiter zerstreut. Erst jetzt konnte er eindeutig in die letztgenannte Kategorie eingeordnet werden.

AKIRA FUJII

Die kleinen Sternbilder Pfeil (oben) und Delfin (links) sind leicht erkennbare Sternfiguren, vorwiegend aus Sternen 4. Größe, die sich nördlich und östlich des hellen Sterns Atair (α Aql), dem Hauptstern des Adlers (rechts unten), befinden. Diese Region ist die Heimat verschiedener eindrucksvoller Sterngruppen.

Entdeckungsreise

M71 setzt sich zwischen zwei orangefarbenen Sternen 4. Größe im Hauptteil des Pfeils ansprechend in Szene. Die beiden Sterne sind Delta (δ) und Gamma Sagittae (γ Sga). Zieht man zwischen ihnen gedanklich eine Linie, so steht M71 ein wenig südlich der Mitte dieser Verbindungslinie. In einem 14×70-Feldstecher erscheint M71 als kleines trübes Fleckchen, das ich als mittelhell und leicht unregelmäßig geformt beschreiben würde. In meinem 4,1-Zoll-Refraktor (105 Millimeter) zeigt sich der zum Zentrum hin heller werdende neblige Fleck deutlich. Andeutungsweise sind sehr schwache Sterne sichtbar. Bei 153facher Vergrößerung treten viele davon hervor. Sie sind über einen unregelmäßig gefleckten Hintergrund verstreut.

Bei niedriger Vergrößerung kann ein weiterer Sternhaufen unbemerkt im Gesichtsfeld auftauchen. Der nur spärlich besetzte offene Haufen Harvard 20 (H20) liegt gerade 28 Minuten südsüdwestlich von M71. Man muss nur nach den zwei hellsten Sternen dieser Gegend Ausschau halten. Bei 87facher Vergrößerung wird eine unscheinbare Gruppe erkennbar, die den östlichen dieser beiden Sterne umschließt. Eine Sternzählung bei 127facher Vergrößerung ergibt elf Mitglieder und einige Nachzügler im Ostsüdosten. Der eingeschlossene Stern 9. Größe sitzt etwas westlich des Zentrums. Auch wenn sich H20 nicht stark vom Hintergrund der Milchstraße abhebt, ist er ein echter Sternhaufen mit hundert bekannten Mitgliedern und einem Alter von dreißig Millionen Jahren.

Bewegen wir uns weiter in Richtung der Delfinnase. Dort finden wir zwei hübsche Doppelsterne. Der goldene Stern 4. Größe, der die Schnauze markiert, ist Gamma Delphini (γ Del). Bei niedriger Vergrößerung sieht man im Teleskop etwa ein Viertelgrad südsüdöstlich einen Stern 7. Größe mit ähnlichem Farbton. Bei 28facher Vergrößerung entlarvt mein kleiner Refraktor beide Sterne als Doppelsterne, auch wenn sie bei dieser Vergrößerung noch sehr nahe beieinander liegen. Erst eine 47fache Vergrößerung ermöglicht einen schöneren, ge-

Große und kleine Sterngruppen

Name	Typ	Größe (Magnitude)	Durchmesser/ Abstand*	Entfernung in Lichtjahren	Rektasz. (2000.0)	Dekl. (2000.0)
M71	Kugelsternhaufen	8,2	7′ (4′)	13400	19h 53,8m	+18° 47′
H20	offener Haufen	6,8	6′	5000	19h 53,2m	+18° 20′
γDel	Doppelstern	4,4/5,0	9″	101	20h 46,7m	+16° 07′
Σ2725	Doppelstern	7,5/8,2	6″	125	20h 46,2m	+15° 54′
Σ2703	Dreifachstern	8,4/8,4/8,7	25″/76″	700	20h 36,8m	+14° 44′
Fliegenpilz	Sterngruppe	-	13′	-	21h 07,4m	+16° 18′
NGC 7006	Kugelsternhaufen	10,6	3′ (1′)	140000	21h 01,5m	+16° 11′

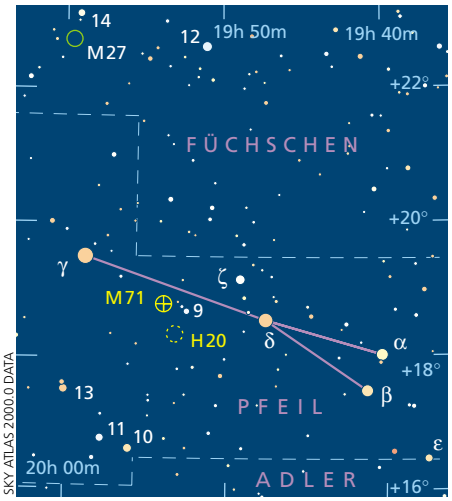
* Größen und Abstände sind Katalogwerte. In Klammern Abschätzungen der Autorin.

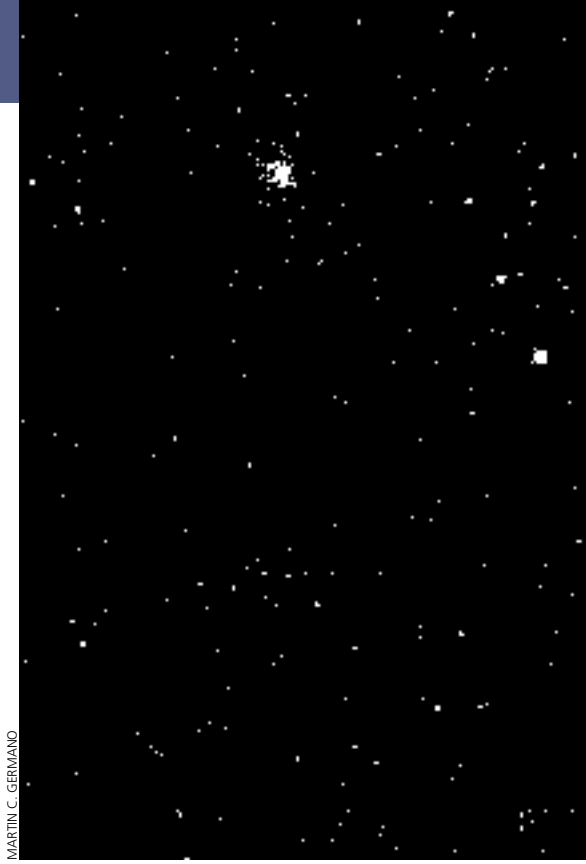
trennten Anblick. Gamma Delphini ist ein gelb-orangefarbener Stern 4,4ter Größe, mit einem schön kontrastierenden gelb-weißen Begleiter 5. Größe neun Sekunden westlich davon. Σ2725, das andere und dunklere Paar, ist ein Stern 7,5ter Größe mit einem sechs Bogensekunden nördlicher stehenden Begleiter 8,2ter Größe. Die Farbe dieser beiden ist gelb-orange.

Ein sehr schöner Dreifachstern liegt in der Nähe von Beta Delphini (β Del), dem Stern an der gegenüberliegenden Ecke des rautenförmigen Delfinkopfs. Er heißt Σ2703 und ist bloß 13 Bogenminuten Richtung Nordwesten entfernt. Seine Komponenten, ein weißer und zwei gelb-orange Sterne, von jeweils etwa 8. Größe sind in einem schmalen Dreieck angeordnet. Bereits bei 28facher Vergrößerung erscheinen sie gut getrennt.

Ein Pilz aus Sternen

Meine Lieblingssterngruppe, der Fliegenpilz, liegt genau fünf Grad östlich der Delfinnase in einer Region ohne helle Orientierungshilfen. Die einfachste Möglichkeit, ihn zu finden, besteht darin, Gamma Delphini bei geringer Vergrößerung im südlichen Teil des Gesichtsfelds einzustellen. Dann schaltet man die Nachführung am Teleskop aus (falls vorhanden) und schaut zwanzig Minuten später durch das Okular. Der Fliegenpilz sollte dann gerade in der Mitte des Gesichtsfelds stehen.




MARTIN C. GERMANO

M 71 und H 20, die beiden Sternhaufen im Pfeil, liegen zirka 5 Grad südlich von M 27, dem Hantelnebel (oben). In der Aufnahme mit einem 8-Zöller sieht man H 20 unten rechts und M 71 oben links (rechts).

Wer sich die Wartezeit lieber ersparen möchte, sollte mit seinem Teleskop bei der niedrigstmöglichen Vergrößerung langsam ostwärts fahren. Es ist leichter, zum Ziel zu kommen, wenn man die Größe des im Okular zu sehenden Himmelsausschnitts kennt. Okularhersteller geben das scheinbare Gesichtsfeld ihrer Instrumente an. Der Himmelsausschnitt entspricht ungefähr dem scheinbaren Gesichtsfeld geteilt durch die am Teleskop erreichte Vergrößerung. Beispielsweise zeigt ein Okular mit fünfzig Grad scheinbarem Gesichtsfeld bei einer 33fachen Vergrößerung einen Ausschnitt von eineinhalb Grad am Himmel.

Der Fliegenpilz besteht aus Sternen 9. bis 12. Größe und durchmisst etwa 13 Bogenminuten. Mein kleines Teleskop zeigt bei 68facher Vergrößerung fünf Sterne in der Form eines nach Nordosten offenen V. Das ist der Stiel des Pilzes. Der Hut zeigt Richtung Südwesten. Im »Millennium Star Atlas« ist er sehr gut abgebildet.

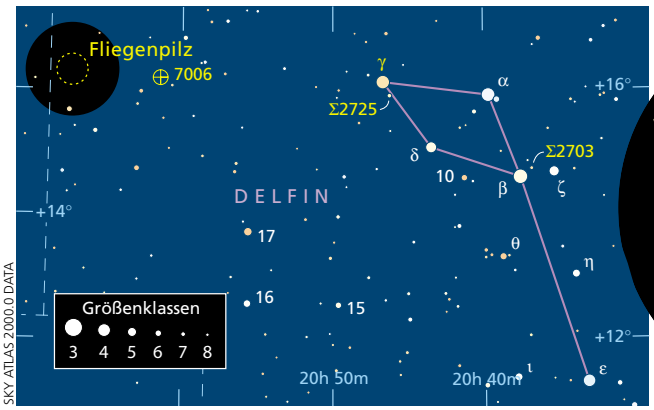
Während man die Sternfelder zählt, fällt einem nach 3,6 Grad in Richtung Osten womöglich ein kleiner, trüber Fleck auf: der schwache Kugelsternhaufen NGC 7006. Dieser Kugelhaufen ist gerade auf der Reise hinaus in die äußersten Ausläufer unserer Milchstraße.

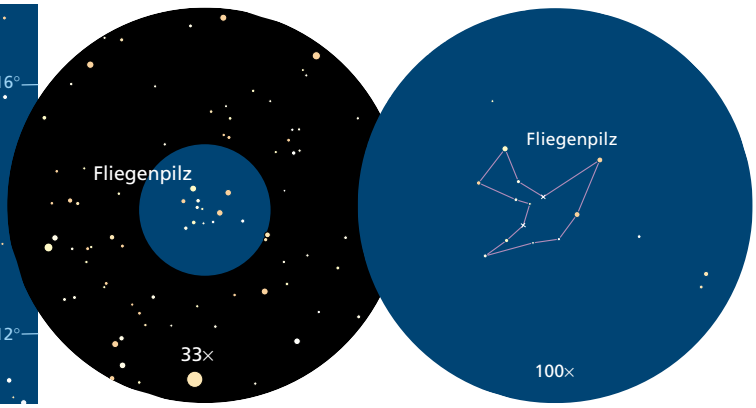
Auch wenn solche Sterngruppen im Allgemeinen astrophysikalisch nicht wirklich zusammengehören, finde ich ihre ins Auge springenden Formen doch faszinierend. Haben auch Sie eine Lieblingssterngruppe? Ich würde mich freuen, davon zu hören! <<

Sue French erreichen Sie (bitte in Englisch) unter der E-Mail-Adresse scfrench@nycap.rr.com.

Die Fliegenpilz-Sterngruppe

im Delfin lässt sich am besten in kleinen Teleskopen bei niedriger bis mittlerer Vergrößerung erkennen. Die Okularansichten aus dem »Millennium Star Atlas« (rechts) enthalten Sterne bis zur 11. Größe.

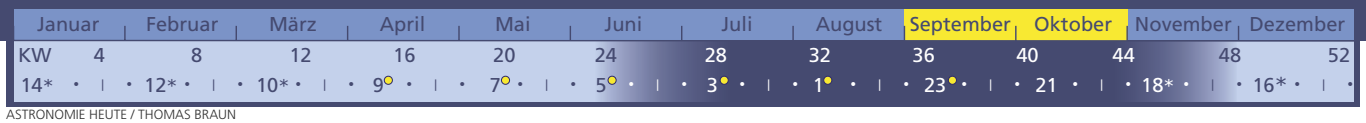




PLANETARIUM

1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse

Gasnebel
Planetarischer Nebel
Galaxie
Kugelsternhaufen
offener Sternhaufen
Doppelstern
veränderlicher Stern



ASTRONOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

WANN

Der Zeitleiste (oben) können Sie die Gültigkeit der Sternkarte entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

September, erste Hälfte: 23 Uhr°
September, zweite Hälfte: 22 Uhr°
Oktober, erste Hälfte: 21 Uhr°
Oktober, zweite Hälfte: 20 Uhr°
Anfang November: Abenddämmerung*

***Mitteleuropäische Zeit (MEZ)**
°Sommerzeit (MESZ)

WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung halten Sie die Karte über sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zu zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont.

Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit. Ein Stern, der auf halbem Weg vom Rand zum Zentrum der Karte eingezeichnet ist, steht unter einem Winkel von 45 Grad am Himmel.

Beispiel: Im Zenit finden Sie Deneb, den Hauptstern des Schwans, des »Kreuz des Nordens«. Er ist Teil des Sommerdreiecks (siehe auch S. 59). Die beiden anderen, Wega und Atair, finden Sie in Richtung West- bzw. Südhorizont. Am Westnordwesthorizont geht Arktur im Bärenhüter bald unter, während Fomalhaut tief im Südsüdosten und etwas höher der Mars auf den Meridian zuwandern.

Die Karte gilt für 50 Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

FELDSTECHERTIPP

M 11 im Schild

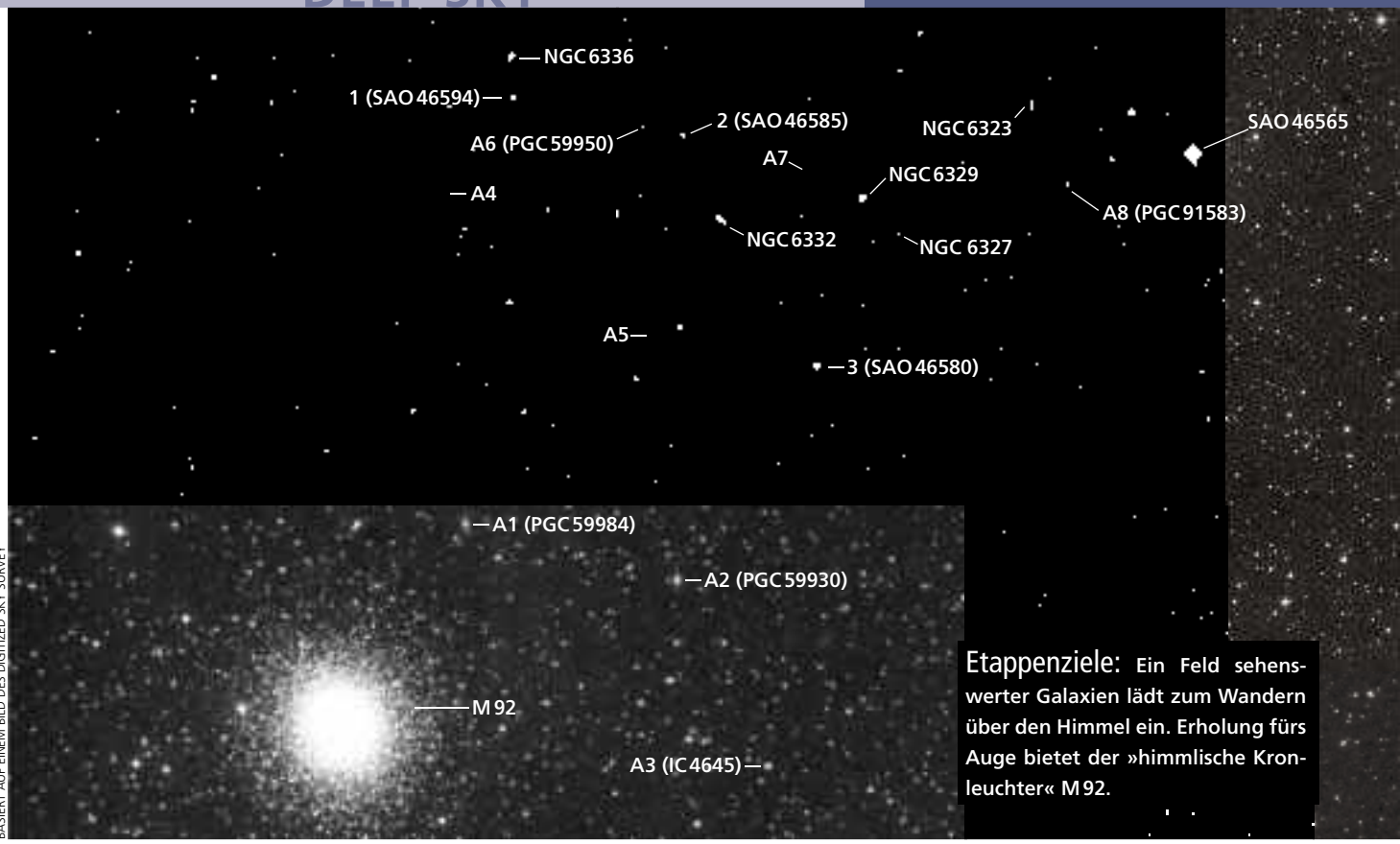
>> Gary Seronik

AKIRA FUJII

Weit und breit ist der Messier-Katalog als Schatzkarte der Deep-Sky-Perlen bekannt. Doch eigentlich war Charles Messier ein Kometenjäger. Er begann die Liste von falschen Kometen im Jahre 1758 mit dem Krebsnebel M 1. In seinem kleinen Refraktor müssen viele der von ihm katalogisierten Objekte tatsächlich einem Kometen ähnlich gesehen haben – vor allem der dicht besiedelte offene Sternhaufen M 11, der so genannte Wildenten-Haufen.

M 11 liegt zwar im Sternbild Schild, doch findet man ihn am einfachsten, wenn man der gekrümmten Sternlinie folgt, die den Schwanz des Sternbilds Adler bildet (siehe S. 45).

Auch unter schlechten Sichtbedingungen sollte M 11 ganz leicht aufzuspüren sein. Ich entdeckte ihn ohne Probleme mit einem 10×30er-Fernglas von meinem Garten in der lichtverschmutzten Vorstadt Bostons aus. Und tatsächlich sieht er aus wie ein Komet ohne Schweif! Verstärkt wird dieser Eindruck durch einen ziemlich hellen Stern südöstlich des offenen Haufens. Wer sich M 11 mit einem Feldstecher anschaut, sieht so etwas wie einen Kometenkern, der von einem feinen Nebel umgeben ist. <<



BASIERT AUF EINEM BILD DES DIGITIZED SKY SURVEY

Etappenziele: Ein Feld sehenswerter Galaxien lädt zum Wandern über den Himmel ein. Erholung fürs Auge bietet der »himmlische Kronleuchter« M 92.

Perlen der Galaxienkette

Nahe dem Kugelsternhaufen M 92 im Herkules lockt ein reichhaltiges Galaxienfeld. Auch einige »anonyme« Schönheiten sind dabei.

>> Ken Hewitt-White

Der wohl bekannteste Kugelsternhaufen ist M 13 im Sternbild Herkules: Er besteht aus Zehntausenden von Sonnen, die in 24 000 Lichtjahren Entfernung dicht an dicht gedrängt stehen, und ist unter guten Bedingungen schon mit dem bloßen Auge zu sehen. Doch gibt es in diesem Sternbild einen weiteren ebenso schönen Kugelsternhaufen: M 92. Er befindet sich nordöstlich seines berühmten Bruders und zeigt sich bei 200- bis 300facher Vergrößerung von seiner schönsten Seite.

Eine solche mittlere bis hohe Vergrößerung eignet sich hervorragend, um in dieser Region auch eine lockere Ansammlung von Galaxien zu entdecken. Sie liegt zwischen dem Rand von M 92 und SAO 46565, einem Stern siebter Größe, etwa ein Grad nordwestlich des Haufens. Die fünf hellsten Mitglieder dieser Galaxienfamilie sind in zwei Sternatlanten eingezeichnet, im »Uranometria 2000.0« auf Karte 81 und im »Millennium Star Atlas« (MSA) auf Karte 1135. Im August 2000, während der Sternparty auf Mount Kobau in British Columbia, nahm ich diese Gruppe das erste Mal ins Visier. Dort, auf knapp 1900 Metern Höhe, ist der Himmel extrem dunkel. Ich richtete also mein 43-Zentimeter-Dobson-Spiegelteleskop auf Herkules und beobachtete ihn bei 220- bis 285facher Vergrößerung.

Kleine Wunder

Bei einem ersten Blick über die Region war NGC 6323 nur zehn Minuten östlich des Sterns siebter Größe leicht zu finden. Die kleine Spiralgalaxie sieht man fast genau von der Seite. Ihre Form ist wegen ihres geringen Durchmessers von gerade mal einer Bogenminute nur bei hoher Vergrößerung erkennbar.

Wandert man mit dem Blick von NGC 6323 ungefähr zwölf Bogenminuten nach Ostsüdost, so kommt man zu der elliptischen Galaxie NGC 6329. Sie hat einen hellen Kern, der von einem diffusen Leuchten umgeben ist. Ihr Durchmesser beträgt ebenfalls eine Minute. Hell wie ein Stern 12,8er Größe erscheint sie als die am stärksten leuchtende Galaxie in diesem Gebiet. Nur drei Minuten im Südwesten von NGC 6329 liegt ihr Gegenstück: NGC 6327, die schwächste und kleinste der fünf Galaxien, die mit nur einer viertel Minute Durchmesser fast punktförmig ist. Das von ihr ausgehende Licht ist dadurch auf ein sehr kleines Gebiet konzentriert und sie lässt sich leichter entdecken, als man bei einem Objekt 15. Größe vermuten würde.

NGC 6329 und NGC 6327 sind ein attraktives Paar. Letztere gereicht zudem einem winzigen Sterndreieck zur Zierde. Doch braucht man eine hohe Vergrößerung und ruhige Luft, um NGC 6327 von den beiden benachbarten Sternen 13. beziehungsweise 14. Größe zu trennen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Galaxie von einem schwachen Stern teilweise überlagert wird. Die MSA-Symbole für die beiden Galaxien lassen vermuten, dass NGC 6327 das größere Objekt ist, doch im Teleskop erscheint NGC 6329 größer.

Im Osten dieser beiden Galaxien bilden drei Sterne neunter und zehnter

Größe über fast ein halbes Grad eine gebogene Linie: SAO 46594, SAO 46585 und SAO 46580, im Bild links mit 1, 2 und 3 bezeichnet. Ich stelle sie mir immer als Zaun vor, der mein Jagdgebiet in zwei Felder teilt. Auf diese Weise sind sie mir eine Hilfe bei der Jagd nach weiteren Galaxien.

So liegt zum Beispiel NGC 6332 ungefähr neun Minuten ostsüdöstlich von NGC 6329 und ungefähr auf einem Drittel des Wegs von Stern 2 zu Stern 3. Die Galaxie ist ein schönes Oval mit etwa einer Minute Durchmesser, das nach innen immer heller wird. Mein Auge sagt mir (im Gegensatz zu manchen Katalogen), dass NGC 6332 ungefähr so hell ist wie NGC 6329, aber doppelt so groß. Auch wenn sie nicht allzu detailreich erscheinen, so sind die beiden Galaxien doch das dominierende Paar in diesem Himmelsareal und bieten einen faszinierenden Anblick.

Von den fünf hellen Galaxien fehlt uns jetzt noch NGC 6336. Dieser Fleck 13. Größe liegt 16 Minuten ostnordöstlich von NGC 6332 und drei Minuten nördlich von Stern 1. Das Schönste an diesen Galaxien ist die Art, wie sie sich zu einer Gruppe verbinden – auch wenn jede einzelne von ihnen streng genommen nichts Besonderes ist.

Doch während ich auf der Mount-Kobau-Sternparty von einer Galaxie zur nächsten hüpfte und dann zu M 92 wanderte, fielen mir nach und nach weitere Nebel auf. Einige Tage später fand ich auf Bildern des Digitized Sky Survey (DSS) mindestens ein Dutzend weitere, schwache Galaxien in derselben Region.

Also kehrte ich Ende September auf den Mount Kobau zurück, um diese im NGC-Katalog nicht aufgeführten, gewissermaßen »anonymen« Galaxien aufzuspüren. In jener Nacht gab es keine Sternparty. Sie war totenstill, kristallklar und bitterkalt. Ausgerüstet mit meinen Teleskopen, ausgedruckten DSS-Bildern und einigen Karten nahm ich die M 92-Gruppe erneut ins Visier.

Innerhalb einer Stunde hatte ich in meiner ersten Nacht acht der anonymen Galaxien gefunden. Einige entdeckte ich schließlich doch noch in den Katalogen: Eine findet sich im Index Catalogue (IC), vier weitere identifizierte ich als Einträge in der Lyon-Meudon Extragalactic Database (Leda). Die acht von mir gefundenen Galaxien sind im Bild links als A1 bis A8 gekennzeichnet. Folgen Sie mir auf der Suche nach ihnen!

Anonyme Schönheiten

Die Galaxie A1 (PGC 59984) ist der M 92 am nächsten gelegene Nebel, etwa 14 Minuten nordwestlich des Kugelsternhaufens. Verbindet man M 92 und NGC 6332 mit einer Geraden, läuft diese genau durch A1. Zwanzig Minuten westnordwestlich von M 92 liegt A2 (PGC 59930). Sie ist so leicht zu finden wie die oben erwähnte »Punkt«-Galaxie NGC 6327. A3 (IC 4645) ist extrem klein und lichtschwach und etwa 25 Minuten westlich von M 92 gelegen. Indem ich Sterne aus dem DSS-Bild als Leitsterne benutzte und bei hoher Vergrößerung von Stern zu Stern sprang, habe ich sie letztendlich doch noch aufgestöbert.

Andere Mitglieder meiner Sammlung finden sich nahe der Verbindungslinie zwischen Stern 1, 2 und 3. So entdecken Sie die kleine unscheinbare Galaxie A4 nur sechs Minuten südsüdöstlich von Stern 1. Die ebenfalls kleine und fahle Galaxie A5 sieht man von der Seite. Gefangen in einem gleichschenkligen Dreieck von Sternen, liegt sie rund acht Minuten südsüdöstlich von NGC 6332.

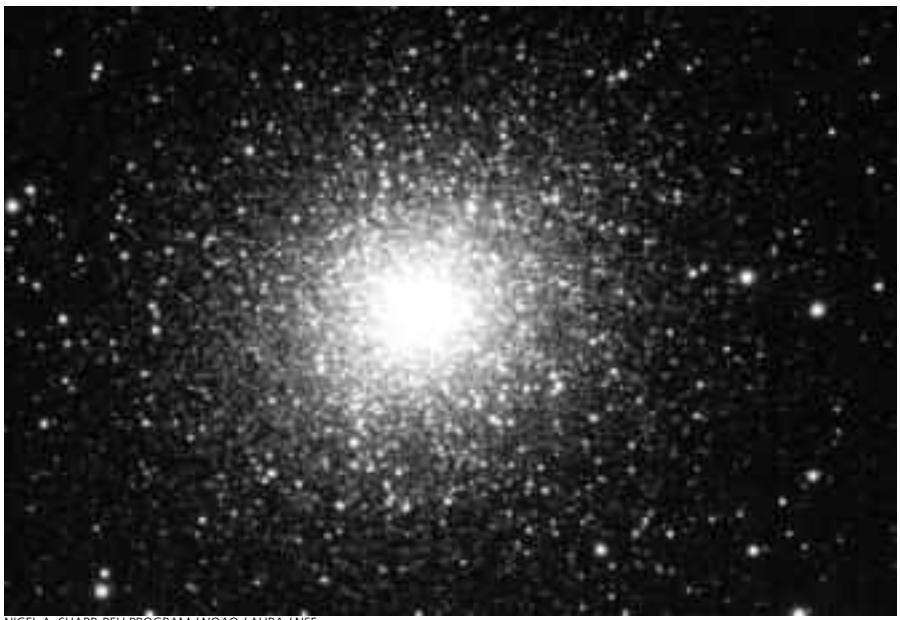
A6 (PGC 59950) befindet sich nur zwei Minuten östlich von Stern 2. Durch ihren stärkeren inneren Kontrast ist bei ihr deutlicher als bei A5 zu erkennen, dass man sie von der Seite sieht.

Die sternähnliche Galaxie A7 wiederum findet man neben einem Sternpaar fünf Minuten nordwestlich von NGC 6332. Die letzte aus meiner Sammlung, A8 (PGC 91583), bildet ein nahezu gleichschenkliges Dreieck mit NGC 6323 und SAO 46565, an der Grenze meines Jagdgebiets. Sie ist aber selbst bei hoher Vergrößerung schwer zu entdecken.

In der Dunkelheit auf Mount Kobau konnte ich alle fünf NGC-Galaxien auch schon mit meinem 25-Zentimeter-Teleskop sehen. Die kleinste von ihnen, NGC 6327, ist sicherlich auch bei perfektem Himmel eine Herausforderung für Geräte dieser Öffnung. Bekommen Sie sie allerdings zu Gesicht, dann liegen auch die »anonymen« Galaxien in Reichweite.

Unterhaltsam ist die Erforschung der Galaxienfelder nahe M 13 und M 92 allemal. Einerseits übersichtlich und leicht zu finden, fordern sie andererseits doch das Können des Beobachters heraus. Strengt einen die Suche zu sehr an, kann man sich schließlich immer noch bei der überwältigenden Herrlichkeit der beiden himmlischen Kronleuchter M 13 und M 92 ausruhen. <<

Ken Hewitt-White ist S&T-Redakteur mit einer Vorliebe für das Lichtschwache und Verborgene. Sie erreichen ihn per E-Mail (bitte auf Englisch) unter seiner neuen Adresse galaxyhunter@hotmail.com.



NIGEL A. SHARP, REU PROGRAM / NOAO / AURA / NSF

Konkurrent am Nordhimmel

Leider wird der Kugelsternhaufen M 92 allzu oft übersehen, denn 10° weiter zieht sein spektakulärer und weitaus bekannterer Nachbar M 13 (Bild) die Blicke auf sich.

LPL / UNIVERSITY OF ARIZONA

GARY SERONIK

Die »Höhle« in Kopernikus

Licht und Schatten auf dem Mond führten schon manchen Beobachter aufs Glatteis, wie unser Autor leidvoll erfuhr.

>> Stephen James O'Meara

Als Galilei sein Fernrohr 1610 auf den Mond richtete, entdeckte er nicht nur eine Welt aus hohen Bergen und tiefen Kratern, er beobachtete auch deren sich ständig ändernde Schatten. Später fiel dem italienischen Astronomen noch eine weitere Besonderheit auf: »Der Blickwinkel zum Mond ändert sich«, schreibt Galilei in einem Brief des Jahres 1637. Manchmal sehe man ihn wie das Gesicht eines Menschen direkt von vorn, dann wieder sei das Gesicht nach rechts oder links zur Seite gedreht – oder nach oben oder unten geneigt. Schließlich, so Galilei, gebe es auch Situationen, in denen quasi die rechte oder linke Schulter des »Mannes im Mond« etwas nach vorn gedreht sei. Galileis Beobachtung der nickenden und schaukelnden Pendelbewegung des Mondes – die Astronomen sprechen von Libration – war seine letzte und vielleicht am wenigsten bekannte astronomische Entdeckung, bevor er 1638 erblindete.

Obwohl die Libration des Mondes für das bloße Auge fast unsichtbar ist, macht sie sich beim Anblick der Mondoberfläche durchs Teleskop deutlich bemerkbar. Denn der Winkel, unter dem das Sonnenlicht eine Kraterwand während einer bestimmten Mondphase beleuchtet, kann jedes Mal ganz anders sein.

Das Zusammenspiel von Licht und Schatten auf dem Erdtrabanten ist in der Vergangenheit schon für einige aufregende Entdeckungen verantwortlich gewesen. Nicht jede davon ist physikalisch bedeutsam. Die meisten bringen ihren Entdeckern weder weltweiten Ruhm noch finanzielle Belohnung, sondern bescheren ihnen lediglich ein außergewöhnliches Beobachtungserlebnis.

So war es auch am 19. Dezember 1996, als ich aus einer Laune heraus meinen

Das Spiel aus Licht und Schatten am größten Mondkrater Kopernikus könnte Beobachtern seit vier Jahrhunderten etwas vorgegaukelt haben.

Die »Höhle« in Kopernikus, wie sie der Autor bei ihrer Entdeckung zeichnete (links). Mehr als ein Jahr später stand die Morgensonne schon etwas höher, weshalb die Einzelheiten sich nicht mehr so gut abhoben (Mitte). Wiederum zwei Wochen später, diesmal bei Sonnenuntergang, glich die Struktur eher einem Auge als einer Spirale (rechts).

6.00 Uhr Weltzeit
20. Dez. 1996

7.00 Uhr Weltzeit
8. Jan. 1998

15.00 Uhr Weltzeit
20. Jan. 1998

STEPHEN JAMES O'MEARA

Vier-Zoll-Refraktor in der Abenddämmerung auf den Mond richtete. Drei Tage nach dem ersten Viertel fiel mein Blick trotz der interessanten Features an der Tag-Nacht-Schattengrenze instinktiv auf eine winzige Struktur im Krater Kopernikus. Bei 23facher Vergrößerung sah die nördliche Innenwand des Kraters recht sonderbar aus. Es schien so, als hätte jemand ein Graffito in Spiralmuster darauf gesprüht.

Als ich die Vergrößerung nochmals um den Faktor fünf erhöhte, war die Spiralstruktur mit einem dunklen Zentrum verbunden. Soweit ich sehen konnte, handelte es sich dabei um ein Loch in der Kraterwand, das so schwarz war wie die Tinte eines Tintenfischs. Der Anblick erinnerte mich an die großen Höhlen, die früher von Küstenbewohnern benutzt wurden. Sofort begann ich, meine Beobachtung aufzuzeichnen. Am Ende nannte ich meine neue Entdeckung »Die Höhle in Kopernikus«. Schon eineinhalb Stunden später sorgte die Rotation des Mondes mit veränderten Schattenwürfen für das Verschwinden der Höhle.

Visueller Leckerbissen

Um herauszufinden, ob dieselben Bedingungen von Licht und Schatten im nächsten Mondzyklus ebenfalls auftreten würden, versuchte ich mich im darauf folgenden Monat erneut daran, sah diesmal aber nichts. Erst am Abend des 7. Januar 1998 – über ein Jahr nach der Erstbeobachtung – hatte ich wieder Glück. Leider verpasste ich in dieser Nacht den besten Sichtbarkeitszeitpunkt der Höhle um ungefähr eine Stunde. Obwohl ich Teile der Spiralstruktur an der Nordwand sehen konnte, waren sie doch nicht vollständig. Das schwarze Loch der Höhle, das mich 1996 so fasziniert hatte, war jetzt nur noch ein langweiliger, rechteckiger Fleck im Halbschatten.

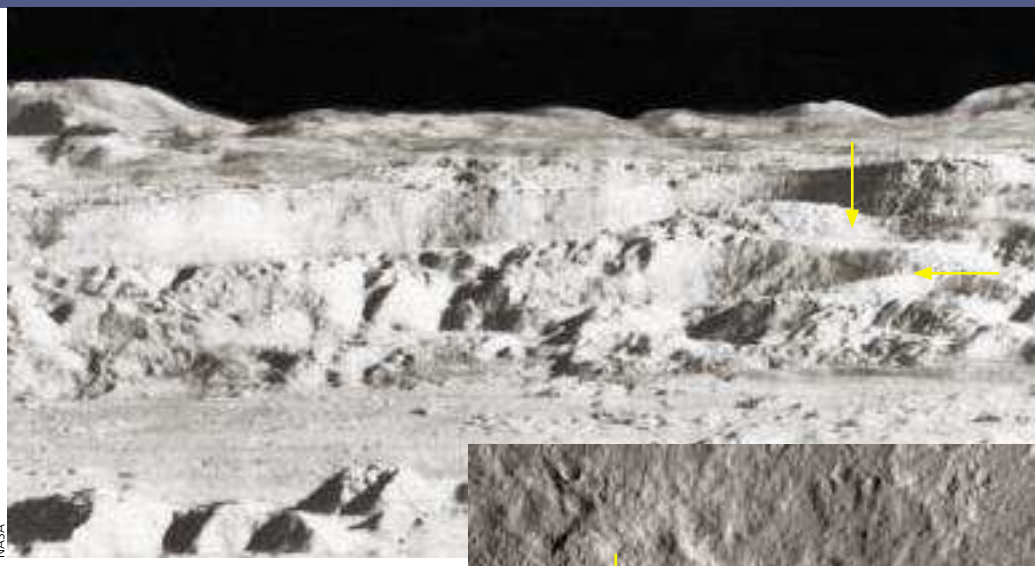
Offensichtlich war es nicht so einfach, den richtigen Beleuchtungswinkel abzupassen, um die Höhle erneut zu sehen. Schuld daran war die bereits von Galilei bemerkte Libration des Mondes, denn sie hat großen Einfluss darauf, wie die Schatten auf dessen Oberfläche fallen.

Möglicherweise ist die Höhle unabhängig von der Libration während jedes Mondzyklus zu sehen. Mit anderen Worten: Sie wird für einen Beobachter auf der Erde genau dann sichtbar, wenn die Sonne dieselbe Höhe über dem Mondhorizont erreicht wie 1996 während meiner ersten Beobachtung. Doch ist es genauso gut möglich, dass leichtes Nicken oder Schaukeln des Mondes den Schattenwurf beeinflusst. Es gibt nur eine Möglichkeit, das herauszufinden: genau hinschauen!

Zum besseren Verständnis: Die von mir beobachtete Höhle im Krater Kopernikus ist wahrscheinlich genauso wenig eine Höhle, wie der Sternhaufen »Kleiderbügel« im Sternbild Pfeil ein Kleiderbügel ist. Unter den richtigen Beleuchtungsverhältnissen ist sie jedoch ein visueller Leckerbissen. Hinweise auf ihre wahre Natur lassen sich in den riesigen Bilddatenbanken der Nasa finden. Denn die Mondmissionen der 1960er und 1970er Jahre steigerten unser Verständnis von der Mondtopografie enorm.

Kopernikus ist mit 93 Kilometer Durchmesser ein sehr auffälliger Krater. Seine Wände erheben sich fünf bis sieben Kilometer über den Kratergrund und die Innenwände bestehen aus einer Serie in sich zusammengesunkener Terrassen. Der Vergleich einer unter schiefem Blickwinkel aufgenommenen Apollo-17-Aufnahme mit meiner Zeichnung vom Dezember 1996 zeigt, dass die Höhle anscheinend der Schatten eines sehr kleinen Überhangs einer Terrasse ist, die auf halber Höhe der Kraternordwand liegt. Ihr Schatten fällt in eine ovale Mulde, deren heller Rand einen Teil der Spirale meiner Zeichnung darstellt. Auf einer Aufnahme des Lunar Orbiter 2 (Bild oben) sind zwei Gipfel und ein Minikrater an der Südseite einer ovalen Mulde sichtbar.

Es sind wohl diese Gipfel – und auch der Rand des Materials, auf dem sie stehen –, die beleuchtet werden müssen, damit sich die Höhle zeigt. Geraten die Gipfel in den Schatten, verwandelt sich die Struktur in einen langen, rechteckigen Schatten und verschwindet. Das deutet darauf hin, dass der richtige Beobachtungszeitpunkt entscheidend ist. <<



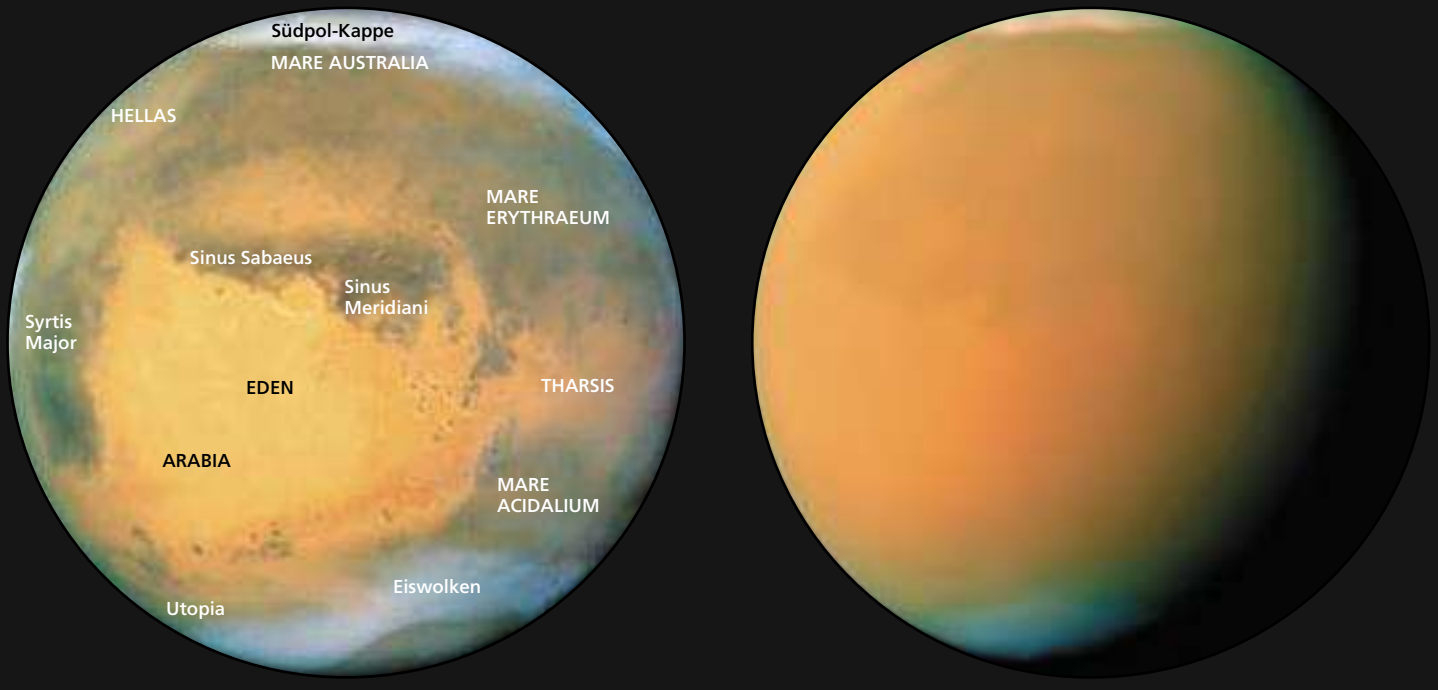
NASA

Lunar Orbiter 2 befand sich während dieser Aufnahme von Kopernikus nur 46 Kilometer über der Mondoberfläche. Die Pfeile markieren die Region, in der O'Meara die »Höhle« sah.

NASA

Lunar Orbiter 4 flog am 19. Mai 1967 fast direkt über den 93 Kilometer großen Krater Kopernikus hinweg. Die Pfeile deuten wieder auf das Gebiet der »Höhle« hin.

Stephen James O'Meara ist Redakteur bei Sky & Telescope und Autor mehrerer Bücher.



NASA, JAMES BELL, MICHAEL WOLFF UND DAS HUBBLE HERITAGE TEAM

Sturmwarnung für den Roten Planeten

Der Rote Planet war im Jahr 2001 verhüllt. Bereits im Juni (links) zeigten sich gelbe Wolken im Hellas-Becken (links oben am Planetenrand), die Anfang September (rechts) Mars dann komplett bedeckten.

Riesige Staubstürme könnten während der diesjährigen Opposition die Marsoberfläche vor unseren neugierigen Blicken verbergen – das zeigen die letzten dreißig Jahre Marsbeobachtung. **>> Donald C. Parker & Jeffrey D. Beish**

Seit Jahrtausenden kam Mars der Erde nicht mehr so nah wie diesen Sommer. Während der diesjährigen Opposition am 28. August steht der Planet im Perihel, dem sonnennächsten Punkt seiner Bahn, und erreicht kurz vorher seine größte Erdnähe. Gute Sichtbedingungen vorausgesetzt, dürften wir besonders viele Details auf der Oberfläche des Roten Planeten erkennen können. Beispielsweise die schnell schrumpfende Südpolkappe. Wir könnten aber auch Zeuge eines der größten Spektakel im Sonnensystem werden: einem großen Staubsturm auf dem Roten Planeten.

Staubstürme auf Mars kennt man in vielen Varianten. Die so genannten »Dust Devils« (»Staubteufel«) sind kurzlebige, lokale Ereignisse, ähnlich den Windhosen auf der Erde. Größere Staubwolken können sich hingegen zu planetaren Stürmen auswachsen, wenn sie bis in die Hochatmosphäre aufsteigen und dort innerhalb weniger Tage den gesamten Planeten umrunden. Diese mitunter monatelang andauernden Stürme können die Sicht auf Oberflächendetails fast vollständig verdecken.

Leonhard J. Martin vom Lowell Observatory in Arizona hat sie in vier Kategorien eingeteilt. Danach hat ein lokaler Sturm einen Durchmesser von weniger als 2000 Kilometern. Als regional bezeichnet Martin Stürme, die diesen Wert in mindestens einer Richtung überschreiten. »Encircling«, zu Deutsch etwa umschließend, nennt er dagegen Staubstürme, welche die gesamten mittleren Breiten des Planeten einhüllen. Lediglich die globalen Stürme übertreffen diese in ihrer Ausdehnung noch. Sie verdunkeln sogar die Polkappen!

Staubstürme können den roten Wüstenplaneten zu jeder Jahreszeit heimsuchen. Zu bestimmten Zeiten steigt ihre Häufigkeit jedoch signifikant an. Beobachtungsdaten der Association of Lunar and Planetary Observers (ALPO) aus 38 Jahren zeigen eine starke Zunahme der Stürme, wenn auf der Mars-Südhalbkugel Frühjahr und Sommer herrschen, und sich der Planet, so wie bei der diesjährigen Opposition, in Sonnennähe befindet. Während dieser Zeit wird Mars auch von den meisten planetenweiten Stürmen erfasst.

Doch was bedeutet das für Amateurbeobachter? Zunächst die gute Nachricht: Globale Staubstürme auf dem Mars

sind recht selten. Eine Studie der British Astronomical Association (BAA) zählte nur zehn umschließende Stürme auf Mars innerhalb der letzten 130 Jahre. Nur einer, nämlich der im Jahr 1971, erreichte dabei wirklich globales Niveau.

Die BAA-Analyse förderte aber zugleich auch eine schlechte Nachricht zu Tage: Die meisten Stürme ereigneten sich innerhalb der vergangenen dreißig Jahre! Selbst wenn man eine höhere Aufmerksamkeit bei den Planetenforschern und damit vermehrte Entdeckungen annimmt, scheint ihre Häufigkeit zuzunehmen. Der letzte globale Staubsturm ereignete sich zudem während der südlichen Frühjahrs-Tagundnachtgleiche des Mars. Deshalb halten es viele Astronomen für wahrscheinlich, dass der Planet pünktlich zur Opposition im August erneut im Staub versinkt.

Doch auch dann geht die Welt für Marsbeobachter nicht unter! Denn die Stürme bewirken innerhalb weniger Stunden Veränderungen der Planetenoberfläche. Augenzeugen eines solch dramatischen Wetterwechsels können so von Nacht zu Nacht die Ausbreitung der Staubwolken verfolgen.

Am Anfang waren gelbe Wolken

Lokale Staubstürme sind erheblich häufiger als ihre globalen Pendants. Sie entstehen sehr plötzlich und sind oft schon wenige Tage später vorbei. Doch es ist nie ausgeschlossen, dass sie sich als Vorläufer großräumiger Stürme entpuppen.

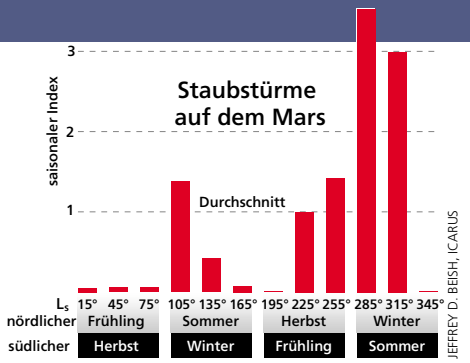
Aber wie erkennen Marsbeobachter einen aufziehenden Sturm? Zwei Anzeichen weisen darauf hin, dass sich etwas zusammenbraut:

> Sich bewegende Bedeckungen: Staubwolken entstehen üblicherweise in den eher hellen Wüstengebieten des Roten Planeten. Anschließend dehnen sie sich aus und verhüllen auch die dunkleren Nachbarregionen. Das ist ein typisches Merkmal für marsianische Staubstürme. Nur wenn sich eine Bedeckung bewegt, kann sie als Sturm bezeichnet werden.

> Helles Leuchten im Rotfilter: In der Vergangenheit wurden Staubwolken auf dem Mars häufig als gelbe Wolken oder gelber Dunst bezeichnet. Das ist mittlerweile unüblich, da man die Farbe der Wolken nur in sehr großen Teleskopen wahrnimmt. Doch die Wolken leuchten hell im roten Bereich des Spektrums. Erscheint also ein Kandidat im Rotfilter dunkel, ist es sehr wahrscheinlich kein Staub.

In ihrer Entstehungsphase leuchten Staubwolken auch im blauen und violetten Spektralbereich hell. Dies kommt von wandernden Eiswolken, die unmittelbar vor dem Ausbruch von Staubstürmen beobachtet werden. Wahrscheinlich dienen die in der Frühphase des Sturms ungefähr ein Mikrometer großen Staubkörner als Kristallisationskeime für das Eis. Wächst sich der Sturm aus, dann besteht er aus drei Teilen: Ein helles, weißlich gelbes Zentrum, eine ockerfarbene Hülle sowie kleinere Eiswolken am Rand.

Oft entstehen Staubstürme an mehreren Stellen gleichzeitig. So tauchten zum Beispiel im Jahr 1990 innerhalb weniger Tage fünf lokale Stürme an verschiedenen Orten auf. Der globale Sturm des Jahres 2001 baute sich in der südlichen Hellas-Tiefebene auf und breitete sich später nach Osten aus. Nur wenige Tage danach wurden auch auf der anderen Seite des Mars in der Region Solis Planitia neue Stürme gesichtet.



24 130 Beobachtungen aus 30 Jahren zeigen, dass die meisten Marsstürme im südlichen Sommer wehen. Der saisonale Index ist die monatliche Anzahl der Stürme bezogen auf den Jahresdurchschnitt.

Flauen diese Staubstürme ab, fällt Marsbeobachtern oft eine Kontrastabschwächung zwischen hellen und dunklen Regionen auf. Die Ursache sind winzige schwebende Staubpartikel, ähnlich denen im Zigarettenrauch. Diese halten sich oft monatelang in der Atmosphäre, bevor sie wieder zu Boden sinken.

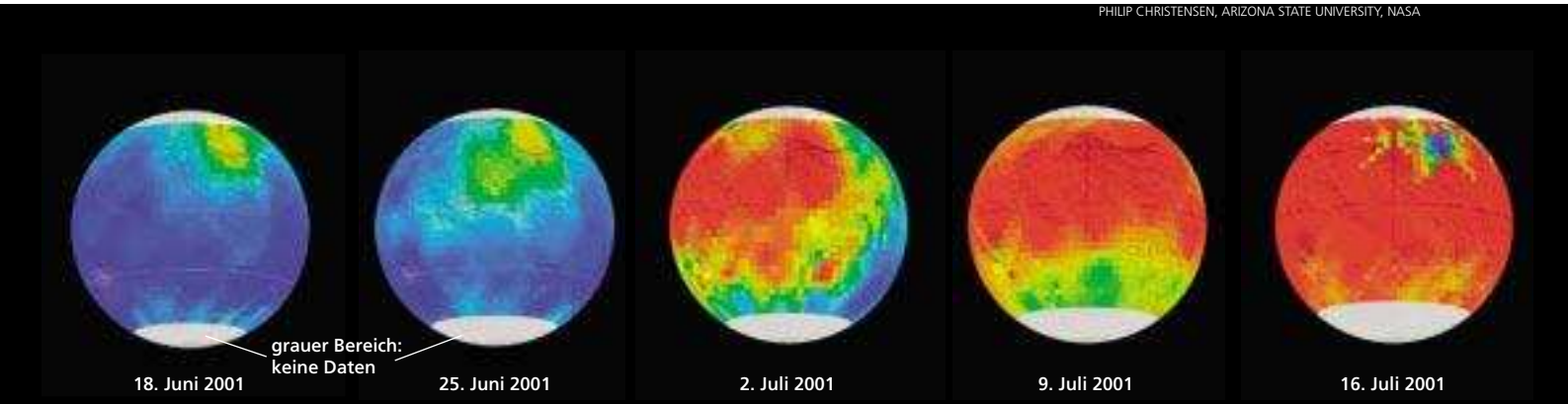
Hellas und Thaumasia

Im Anschluß an größere Stürme wurden auch dramatische Veränderungen der Oberflächenstruktur beobachtet. So entdeckten Amateurastronomen nach dem Sturm des Jahres 2001 eine deutliche Abdunkelung der Region Daedalia-Claritas (siehe Karte auf Seite 58). Bereits während des legendären Sturms von 1971 wurden dort ähnliche Veränderungen gesichtet, und es dauerte ganze 13 Jahre bis die Gegend wieder ihre ursprüngliche Helligkeit zurückgewonnen hatte.

BAA-Direktor McKim konnte in seiner Untersuchung von 58 regionalen und globalen Marsstürmen seit 1877 zeigen, dass solche Orkane bevorzugt an zwei verschiedenen Orten entstehen: im südlichen Hellas-Becken und in Thaumasia, der Region zwischen Solis Lacus und >

Monatelang hielt der große Sturm aus dem Jahr 2001 an. Das »Thermal Emission Spectrometer« (Tes) an Bord des Mars Global Surveyor dokumentierte seinen Ausbruch (oben rechts) und Verlauf.

PHILIP CHRISTENSEN, ARIZONA STATE UNIVERSITY, NASA



> den Ausläufern des Grabensystems Vallis Marineris. Auch in der Wüste von Lybia-Isidis, östlich der bekannten Hochebene Syrtis, haben sie oft ihren Ursprung. Die regionalen und die den Planeten umhüllenden Stürme entwickeln sich bevorzugt bei hohem Sonnenstand. In der diesjährigen Saison sind deshalb Hellas und die Thaumasia-Region die wahrscheinlichsten Kandidaten.

Staubige Kettenreaktion

Hellas ist ein riesiger, alter Krater. Das Becken war in den letzten hundert Jahren eine aktive Brutstätte für große Staubstürme. Atmosphärenforscher vermuten, dass kalte Luft, die von der vereisten Südpolkappe nordwärts zieht, in Hellas schnell an Höhe verliert. Dadurch entstehen starke Winde, die reichlich Staub aufwirbeln. Ein Großteil des Marsstaubs ist jedoch sehr schwer und fällt daher schnell wieder zu Boden. Trotzdem tragen auch diese Partikel zur Entwicklung von Staubwolken bei, da sie beim Auftreffen auf die Oberfläche leichtere Körner hochschleudern. Dies löst eine Kettenreaktion aus: Leichtere Staubkörnchen absorbieren Sonnenlicht und erwärmen die Umgebungsluft. Diese steigt auf und verstärkt so die Oberflächenwinde. Bei starker Sonneneinstrahlung können sich Staubwolken fast explosionsartig auftürmen.

Sollte Mars in dieser Saison von großen Stürmen verschont bleiben, werden Beobachter mit ihren Fernrohren die meisten der unten gezeigten Oberflächendetails ausmachen können.

Im Gegensatz zu Hellas ist die Region von Thaumasis in der Nähe von Solis Lacus eine flache Hochebene rund acht Kilometer über Normalnull. Besonders hohe Staubaktivität zeigt sie in den Jahreszeiten zwischen südlichem Frühling und Sommeranfang. Im Norden ist das Gebiet von den westlichen Ausläufern des Vallis Marineris begrenzt, eine für kleine lokale Staubwolken bekannte Region.

Staub spielt eine Schlüsselrolle im Marsklima und beeinflusst die Oberflächengeologie. Ein genaues Verständnis der Prozesse ist daher unabdingbar, wenn den unbemannten Marsmissionen eines Tages Astronauten folgen sollen.

Knapp 1800 Kilometer Durchmesser erreichte diese Anfang Juli 2003 im Hellas-Becken entstandene Staubwolke (Pfeil) im Laufe weniger Tage. Damit war sie mit Amateurteleskopen gut sichtbar.

Inzwischen gibt es mit der International Mars Patrol (IMP) ein weltweites Netz zur Marsbeobachtung. Dort werden seit einigen Jahren Beobachtungen von ALPO, der BAA, der »Oriental Astronomical Association« (OAA) und von Beobachtern aus 19 Ländern gesammelt.

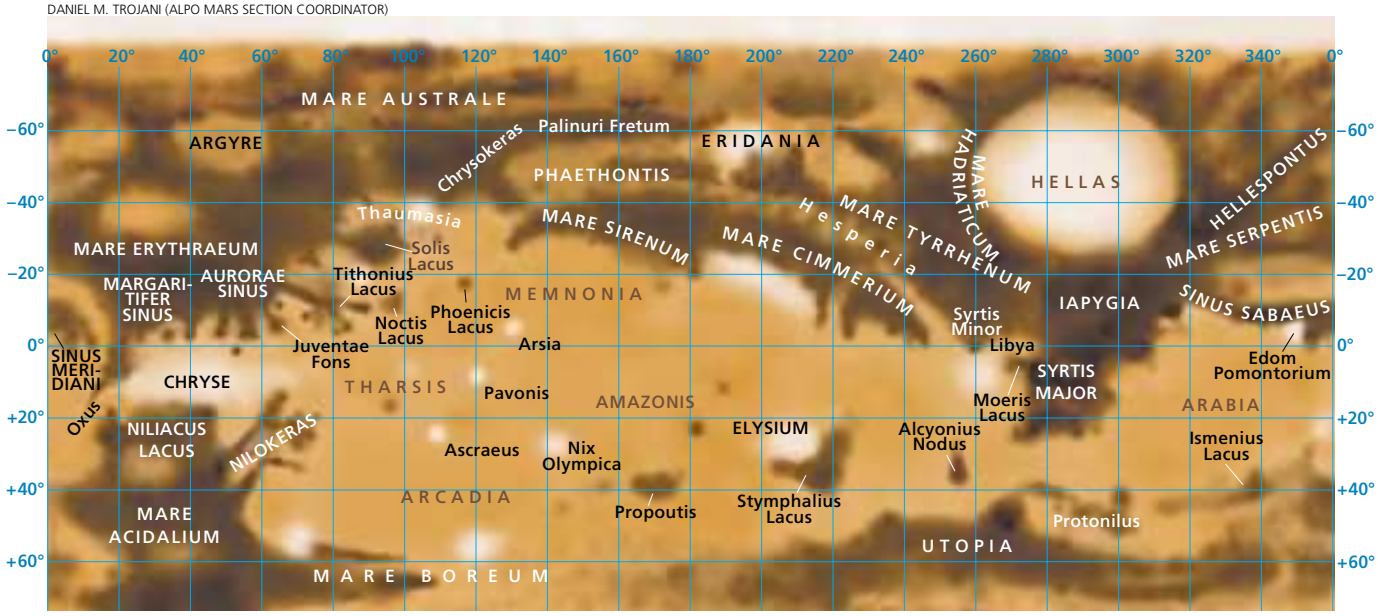
Auch für die Opposition 2003 steht längst alles bereit. Auf der Internetseite der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) können sich Marszeichner vorbereitete Schablonen herunterladen. Kontakte zu Ansprechpartnern finden Sie auf der Website des Arbeitskreises für Planetenbeobachter. Amateure können ihre Fotos, Zeichnungen und Beobachtungen der Mars-Gruppe der ALPO, der BAA, der OAA oder an »Marswatch 2003« schicken. <<

Donald C. Parker, Leiter der ALPO, beobachtet Mars seit der Opposition von 1956. **Jeffrey D. Beish** ist stellvertretender Leiter der ALPO-Mars-Gruppe.

Weblinks

VdS: www.vds-astro.de/
AK Planetenbeobachter: www.naa.net/akp/
ALPO:www.lpl.arizona. edu/alpo/
BAA: www.britastro.org/main/index.html

DANIEL M. TROJANI (ALPO MARS SECTION COORDINATOR)



Stars & Sternchen

AKIRA FUJII

Wer sich in der Showbranche bewegt, dem begegnen oft die so genannten Stars & Sternchen, und man fragt sich, wieso der Volksmund für prominente Sänger, Schauspieler, Entertainer und Moderatoren den Vergleich mit den seit Jahrmillionen existierenden Himmelskörpern zieht.

Liegt es etwa daran, dass sie sich für viele so unerreichbar fern in einer glamourösen Glitzerwelt befinden oder dass sie untereinander um die Wette funkeln und versuchen, die anderen an Berühmtheit, Glanz und Brillanz zu überstrahlen?

Eines steht fest: In der Showbranche ist es Geschmackssache, ob Madonna heller als Shakira, Robbie Williams heller als Elvis oder Humphrey Bogart heller als Brad Pitt leuchtet. Auf dem »Walk of Fame« in Hollywood macht es allerdings keinen Unterschied – wenn man es erstmal dahin geschafft hat!

Hoch am Sommerhimmel dagegen gibt es keinen Zweifel, welche Sterne am hellsten erstrahlen: Das Sommerdreieck, mein Favorit am Himmel, besteht aus Atair (arab. »fliegender Adler«), Deneb im Schwan und Wega in der Leier. In der griechischen Mythologie sollte Herkules eben diese, die Stymphalischen Vögel, jagen – einen Adler, einen Schwan und einen Geier, heute das Sternbild Leier.

Dies war eine der zwölf Aufgaben, die ihm von Hera aufgetragen wurden, um ihn, den unehelichen Sohn ihres Göttergatten Zeus, aus dem Verkehr zu ziehen. Herkules löste aber alle Aufgaben mit Bravur und verdiente sich so seinen Platz am Sternhimmel …

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

NATASCHA BERG

Natascha Berg

wurde früh als Model entdeckt, entschied sich aber doch für das Studium der Medizin, um Kinderärztin zu werden. Die Wahl zur ersten Miss Germany des neuen Jahrtausends und der Umstand, dass sie acht Sprachen spricht, brachte ihr jedoch attraktive Angebote als Moderatorin ein – darunter auch die »Games-Show« von T-online, die, so hoffen ihre Fans, bald wieder im Fernsehen ausgestrahlt wird.

http://t-games.t-online.de

Der strahlende Jungforscher
vor seinem Modell der Magnetfeldverteilung in einem aktiven galaktischen Kern (AGN)

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON JUGEND FORSCHT

Galaktische Energiefabriken

Thomas Erfurth (19) belegte beim diesjährigen Wettbewerb von »Jugend forscht« einen 1. Platz. Im Fachgebiet Geo- und Raumwissenschaften überzeugte der Berliner Gymnasiast die Juroren mit seinem Projekt zur Polarimetrie aktiver Galaxienkerne. ASTRONOMIE HEUTE sprach mit ihm.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Erfurth, herzlichen Glückwunsch zu Ihrem Sieg. Sie haben sich mit Ihrer Arbeit gegen hunderte von Mitbewerbern durchgesetzt. Was sind das eigentlich für Objekte, die Sie von der Berliner Wilhelm-Foerster-Sternwarte aus ins Visier genommen haben?

Thomas Erfurth: Aktive Galaxienkerne oder kurz AGNs (»Active Galactic Nuclei«) sind die aktiven Zentren von Galaxien. Ihre sehr helle Strahlung kommt aus einem vergleichsweise winzigen Bereich, vielleicht eine Million Mal kleiner als der Durchmesser einer normalen Galaxie. Dort wird sehr viel Strahlung freigesetzt, zu viel als dass dieser Energie-Output durch Kernfusion, die übliche Energiequelle der Sterne, erklärt werden könnte. Die Astrophysiker sind sich inzwischen einig, dass im Innern jedes AGNs ein gigantisches Schwarzes Loch steckt.

AH: Das ist aber unsichtbar, woher kommt die ungewöhnliche Helligkeit?

Erfurth: Die stammt von der Akkretionsscheibe, die das Schwarze Loch umgibt. Nach der gängigen Theorie besteht diese Scheibe aus Materie, die vom Schwarzen Loch angezogen wird. Bei der Rotation um dessen Zentrum wird die Materie erhitzt. Dabei gibt sie in den äußeren Bereichen Wärmestrahlung, in den inneren Röntgenstrahlung ab. Letztere ist für die enorme Leuchtkraft des AGN verantwortlich. Die Hitze wird irgendwann so stark, dass die Materie sich dort in ihre Bestandteile – Atomkerne und Elektronen – aufspaltet. Diese geladenen Teilchen folgen den dort vorhandenen starken Magnetfeldern und werden schließlich in Form zweier Jets in den intergalaktischen Raum hinauskatapultiert.

AH: Jetzt sind wir also beim Thema Ihrer Arbeit angekommen?

Erfurth: Ja. Der Hauptteil der sichtbaren Strahlung eines AGNs stammt aus thermischen Prozessen und ist daher

unpolarisiert. Der Lichtanteil der von Magnetfeldern auf Kreisbahnen gezwungenen Elektronen ist aber als Folge der ordnenden Wirkung des Magnetfelds polarisiert.

AH: Wie hoch ist typischerweise der polarisierte Lichtanteil im sichtbaren Licht?

Erfurth: Bei Quasaren liegt der Polarisationsgrad zwischen null und fünf Prozent. Bei den so genannten BL-Lacertae-Objekten sind es zwischen fünf und fünfzehn Prozent. Die sehr seltenen, hochpolarisierten Quasare kommen gar auf 35 Prozent. Aus den Polarisationswerten hoffen die Forscher, etwas über die Magnetfelder in den Jets zu lernen. Doch die Polarisation dieser Objekte kann sich im Zeitverlauf auch ändern. Da bislang kaum Polarisationsmessungen über längere Zeiträume hinweg stattfanden, weiß niemand genau, wie die Variabilität aussieht, die auf eine zeitliche Änderung der Magnetfelder hindeutet.

AH: Wie sind Sie ausgerechnet auf so exotische Objekte wie AGNs gekommen?

Erfurth: Ich interessiere mich seit gut zehn Jahren für die Astronomie. Mit zwölf Jahren bin ich dem Verein der Wilhelm-Foerster-Sternwarte beigetreten. Nach einer gewissen Zeit wurde es mir allerdings zu langweilig, nur Astrofotos zu schießen und so schaute ich mich nach einem wissenschaftlichen Thema um. Bald stieß ich auf die AGNs. Diese Objekte sind faszinierend. Eines meiner Beobachtungsobjekte heißt 3C 66A und ist rund sechs Milliarden Lichtjahre entfernt.

Thomas Erfurth vor dem 75-Zentimeter-Zeiss-RC-Spiegelteleskop der Berliner Wilhelm-Foerster-Sternwarte, mit dem er seine Beobachtungen machte.

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON THOMAS ERFURTH

Der Preisträger bei der diesjährigen Bekanntgabe der Bundessieger von »Jugend forscht« in Ludwigshafen. Hier gratuliert der Dekan der Universität Heidelberg, Professor Peter Hofmann.

BASF / DÖLGER

AH: Der Himmel über Berlin ist nachts ja nicht unbedingt so dunkel, wie die Astronomen das gerne hätten und die aktiven Galaxienkerne nicht gerade hell. Das war doch sicherlich ein großes Hindernis für Sie?

Erfurth: Nein. Meine AGNs liegen zwar zwischen 15,5ter und 17. Größe. Sie erscheinen aber punktförmig und sind damit erheblich leichter zu beobachten als ausgedehnte Objekte wie Galaxien oder Gasnebel. Deshalb kann man AGNs selbst unter ungünstigen Großstadtbedingungen erfolgreich untersuchen.

AH: Wie ermittelten Sie die Polarisation des Lichts?

Erfurth: Wir haben eine Methode weiterentwickelt, die bereits 1986 in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« veröffentlicht wurde. Im Grunde messen wir die Helligkeit eines AGN im Verhältnis zu zwei Vergleichssternen bekannter Helligkeit. Dazu benutzten wir eine hochempfindliche CCD-Kamera vom Typ SBIG ST-8. Das Licht wird dabei durch einen Polarisationsfilter geführt. Man benötigt drei Messungen – bei Filterstellungen von null, sechzig und 120 Grad. Für eine bessere Statistik wird das Ganze zehnmal wiederholt. Aus diesen Werten lässt sich der Polarisationsgrad und -winkel der AGN-Strahlung berechnen.

AH: Ein zeitaufwändiges Unterfangen?

Erfurth: Bei den helleren Objekten dauert eine Belichtung rund sechs Minuten, für die dunkleren braucht man etwa zehn Minuten. In 3,5 bis 5,5 Stunden Beobachtungszeit kann ich die Polarisation eines einzelnen Objekts mit etwa zwei Prozent Genauigkeit messen. Das ist exakt genug, um Änderungen festzustellen, und nicht viel schlechter als die Messungen australischer Profiastronomen. In meiner Arbeit konnte ich so die zeitliche Veränderung in der Polarisation mancher AGNs bereits nachweisen.

AH: Auf die Gefahr hin, wie Ihre Eltern zu klingen: Das klingt nach langen Nächten. Gibt es da keine Probleme mit dem Abitur?

Erfurth: Mein Abitur steht erst im nächsten Jahr an. An meinem neuen naturwissenschaftlich ausgerichteten Berliner Gymnasium wird der Bundessieg bei »Jugend forscht« aber erfreulicherweise als »besondere außerschulische Leistung« in der Abinote berücksichtigt.

AH: Wie steht es mit einem Astronomiestudium?

Erfurth: Meine Leistungskurse sind Physik und Informatik. Wenn die Wahl auf Physik als Studienfach fällt, könnte ich im Hauptstudium Astrophysik wählen – das steht jedoch noch in den Sternen. Ein Informatikstudium hätte ebenfalls seinen Reiz. AGNs werde ich aber sicherlich weiter beobachten. Als Hobby bleibe ich der Astronomie auf jeden Fall treu. <<

Das Interview führte **Thorsten Dambeck.**

Schwarze Steine im Polareis

ANSMET / DANIEL GLAVIN

Täglich acht Stunden im frostigen Außendienst und Eis-Camping mit Minimalkomfort: Meteoritensammeln am Südpol bietet Forschern Abenteuer ohne Club-Med-Atmosphäre.

>> Thorsten Dambeck

Auch wenn auf den Schnappschüssen der Raumsonden die Geröllebenen von Mars, Venus und die bisher besuchten Kleinplaneten zum Greifen nah erscheinen: Noch nie hat ein Geologe dort eingesammelte Gesteinsbrocken in seinem Labor untersuchen können. Daran wird sich auch in den nächsten Jahren wenig ändern. Denn Astronauten werden wohl erst in einigen Jahrzehnten zum Roten Planeten reisen und Proben von dort zur Erde mitbringen. Unbemannte Probenrückholmissionen sind zwar billiger, benötigen aber ebenfalls viele Jahre Vorbereitungszeit.

Doch es gibt auch einen einfacheren Weg, um an kosmische Gesteinsproben zu kommen. Seit Jahrzehnten zieht die Antarktis Planetologen in ihren Bann, denn im Eis des Südpols ruht ein wissenschaftlicher Schatz, den man dort eigentlich nicht vermutet: außerirdische Gesteinsproben von unseren Nachbarn im All. Auf mehrwöchigen Expeditionen suchen die Planetenkundler daher jedes Jahr nach Meteoriten im antarktischen Eis.

»Diesmal haben wir genau 924 Meteorite mitgebracht. Das sind im Schnitt fast achtzig Steine pro Kopf«, erklärt Daniel Glavin stolz. Der US-Amerikaner war Teil eines zwölfköpfigen Teams, das »den Steinen, die vom Himmel fallen« sieben Wochen lang bei eisigen Temperaturen am Südpol nachstellte. In der Abteilung Kosmochemie des Mainzer Max-Planck-Instituts für Chemie erforscht er als Gastwissenschaftler die Ursprünge des Planetensystems. Für Glavin sind Meteoriten dabei die entscheidende Informationsquelle. Denn manche dieser Steine, davon sind die Planetologen fest überzeugt, stammen aus den Kindertagen unseres Sonnensystems.

Preiswerte Studienobjekte

Am Südpol kommen die Meteoritensammler dabei vergleichsweise einfach an die Objekte ihrer Begierde. Simulationen zeigen, dass schon verhältnismäßig kleine Meteoriteneinschläge auf Mond oder Mars ausreichen, um größere Brocken aus deren Oberflächen herauszuschlagen und ins All zu katapultieren.

Nach ein paar Millionen Jahren Flugzeit erreichen einige dieser »kosmischen Vagabunden« auch die Erde, wo sie als Meteoriten vom Himmel fallen.

Treffen sie in der Antarktis auf, werden sie dort meist sofort von Schnee bedeckt und in Gletschern eingeschlossen. Auf Eis gelegt warten sie hier auf Forscher wie Glavin, die sie einsammeln, um ihnen ihre Geheimnisse zu entlocken. »Antarctic Search for Meteorites«, kurz Ansmet, heißen die von der Case Western Reserve University in Cleveland jährlich organisierten Expeditionen, bei denen seit 1976 über 14 000 Meteoriten aus dem Eis der Antarktis eingesammelt wurden.

Die jüngste Suchkampagne startete Ende November letzten Jahres, als auf der Südhalbkugel gerade der Sommer begann. Denn nur in der »warmen« Jahreszeit mit Temperaturen zwischen minus vier und minus dreißig Grad Celsius erlaubt das extreme Südpolklima den Forschern die Suche nach Meteoriten.

In der größten amerikanischen Antarktisstation am McMurdo Sund bereitete sich auch das Ansmet-Team auf die Suche nach den außerirdischen Steinen vor. Für die Meteoritensucher ist McMurdo der letzte Außenposten der Zivilisation. Regelmäßig gehen hier Frachter mit Ausrüstungsgegenständen und Lebensmitteln vor Anker. Die Passagiere vieler Südpolexpeditionen werden dagegen mit dem Flugzeug eingeflogen. In den Sommermonaten leben hier rund tausend Techniker und Wissenschaftler. Die Forschungsenklave gleicht dann eher einer abgelegenen Kleinstadt als einer Polarstation.

Aufbruch ins Suchgebiet

»Nach rund einer Woche Gewöhnung an das eisige Klima machte sich unser Team mit etwas wetterbedingter Verzögerung ins Suchgebiet auf«, erinnert sich Glavin. In Vorfreude auf seinen ersten Fund und mit Blick auf die launische antarktische Wetterküche schrieb er in seiner letzten E-Mail von McMurdo: »Obwohl ich seit Jahren Meteoriten im Labor analysiere, habe ich bislang nie selbst einen gefunden. Wir hoffen auf klare Tage ohne Schnee oder zu starke Winde, denn Schnee würde die Meteoriten auf der Eisoberfläche zudecken. Sie sind dann nur schwer auszumachen.«

Die Suche konzentrierte sich diesmal auf zwei Gebiete: die Mac Alpine Hills und die Goodwin Nunataks in der östlichen Antarktis. Dort errichtete Glavin zusammen mit sieben seiner Ansmet-Kollegen ein Feldlager, das für mehrere Wochen ihr provisorisches Zuhause sein sollte. Neben der dicken Spezialkleidung, im Südpol-Jargon »ECW« oder »Extreme Cold Weather gear« genannt, boten dort einzig die mitgebrachten Zelte Schutz vor der bitteren Kälte. Obwohl auch kleine Öfen zur Ausrüstung gehören, kann die Temperatur im Zelt morgens auf bis zu minus zehn Grad Celsius fallen: Wenig einladende Verhältnisse, um den Schlafsack zu verlassen.

Unterstützt durch gelegentliche Versorgungsflüge mit kleinen Propellermaschinen, bringen vor allem Motorschlitten die Meteoritenforscher ins jeweilige Zielgebiet (siehe großes Bild links). »Nor- >

ANSMET / DANTE LAURETTA

ANSMET / DANTE LAURETTA

In den mit Steinen übersäten Moränen macht das Suchen nach der Stecknadel im Heuhaufen nur mit Metalldetektoren Sinn (oben). Bergführer Jamie Pierce und Linda Welzenbach vom Smithsonian Institute in Washington fotografieren einen Meteoriten, während die wissenschaftliche Teamleiterin Nancy Chabot seine GPS-Koordinaten bestimmt (Mitte). Daniel Glavin neben einem größeren Exemplar (unten).

ANSMET / LINDA WELZENBACH

BEIDE FOTOS: DANIEL GLAVIN / ANSMET

Der größte »Findling« der Ansmet-Expedition 2002/2003 misst 16 Zentimeter (links). Scott Messenger vom Laboratory for Space Sciences der Washington University in St. Louis bestimmt hier gerade die Größe des Trumms. Mit dem Zählgerät (oben) wird auch die Größe der Meteorite bestimmt. Die meisten von ihnen sind jedoch lediglich zwei bis drei Zentimeter lang.

> mal sind acht Stunden Suche pro Tag. Da es hier im Sommer aber permanent hell ist, diktiert allein das Wetter die Arbeitszeiten«, erklärt Glavin das antarktische Alltagsgeschäft. Jamie Pierce, ein Bergführer, begleitet das Team und ist für dessen Sicherheit zuständig. Bei minus zwanzig Grad Celsius ist die Stärke des Windes entscheidend: Frischt er auf, sind vor allem die dem Wetter direkt ausgesetzten Gesichtspartien gefährdet. Um Erfrierungen vorzubeugen, kann es dann vorkommen, dass Pierce trotz guten Wetters die Rückkehr in die Zelte anordnet. Ist der Wettergott dauerhaft verstimmt, drohen sogar mehrtägige Zwangspausen. Solche Phasen strapazieren nicht nur die Geduld der Teilnehmer, sondern können auch die Ausbeute beträchtlich reduzieren.

Huckepack im Gletscher

Doch wieso ist ausgerechnet die Antarktis weltweit die wichtigste Fundstelle für Meteoriten? Die Antwort ist einfach: Der Schnee, der die frisch gefallenen Steine zudeckt, verwandelt sich langsam in Gletschereis. Nach dem langen Flug durchs All und einem feurigen Ritt durch die Erdatmosphäre wartet nun ein eher gemächliches Tempo auf das Himmelsgestein: Eingebettet in den »dahinfließenden« Gletscher reist es mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern pro Jahr zu den Rändern des eisigen Kontinents. Gewaltige Gebirgsketten durchziehen die Antarktis. Trifft ein Gletscher auf einen Berg, wird der Eisstrom nach oben abgelenkt. Der tief im Eis eingebettete Meteorit gelangt so wieder an die Oberfläche. Permanent blasende starke Winde über den so genannten Blaueisfeldern sorgen für ein stetiges Verdampfen der oberen Eislagen. So kommen dort Schichten wieder ans Tageslicht, die mehr als 10 000 Jahre alt sein können. In dieser Eiswüste ist fast jeder Stein, den die Forscher finden, ein Meteorit. Ihre beim Eintritt in die Erdatmosphäre aufgeschmolzene, schwarze Kruste hebt sie zudem gut vom gleißend hellen Eis ab (siehe Bild oben).

Bei der Inspektion von Moränen setzen die Forscher dann doch lieber Metalldetektoren ein. Denn dort hat das Gletschereis irdisches Gestein und Meteorite übereinander geschoben und vermischt. Im Eis verborgene Chondrite – die mit Abstand häufigste Meteoritenklasse – sowie Eisenmeteorite und bestimmte, unter der obersten Schneedecke verborgene kohlenstoffhaltige Exemplare können damit auf Grund ihres höheren Metallgehalts aufgespürt werden. Immerhin sechzig der begehrten schwarzen Brocken konnten dort mithilfe der Detektoren aufgespürt und ausgegraben werden. Gerade Meteorite von Mond oder Mars bleiben mit dieser Methode jedoch unentdeckt, enthalten sie doch zu wenig Eisen. »Rund fünf Prozent der im Laufe der Jahre gefundenen Meteorite sind solch ungewöhnliche Exemplare von anderen Himmelskörpern und für uns von hohem wissenschaftlichen Wert«, resümiert der Leiter des Ansmet-Programms Ralph Harvey aus Cleveland. »Nur etwa ein Tausendstel der ans antarktische Tageslicht beförderten Steine stammt von Mond oder Mars«, so Harvey. Fünf Steine vom Roten Planeten fanden bislang den Weg in die Labors der Planetologen, darunter auch das berühmte Exemplar mit dem sperrigen Namen ALH 84001.

Wie ein Sechser im Lotto

Dieser sorgte 1996 weltweit für Schlagzeilen, als Nasa-Forscher verkündeten, darin Spuren früheren Marslebens gefunden zu haben. Ihre Ergebnisse riefen jedoch schon bald Kritiker auf den Plan. Auch Glavin untersuchte damals den Stein, ist aber skeptisch: »ALH 84001 lag 13 000 Jahre im Eis. Ich halte die in ihm gefundenen Aminosäuren daher für irdischen Ursprungs.«

Auch wenn die damalige Meldung etwas verfrüht war, gelten Meteorite vom Roten Planeten bei den Wissenschaftlern nach wie vor als Hauptgewinn. So unterstützt die amerikanische Weltraumbehörde Nasa die Ansmet-Expeditionen mit stattlichen 1,6 Millionen Dollar. Die Steine der diesjährigen Kampagne werden derzeit im Johnson Space Center klassifiziert und danach zur weiteren Analyse weltweit an Experten wie Daniel Glavin verschickt. Dieser ist überzeugt: »Auch diesmal sind Steine dabei, die wahrscheinlich vom Mars oder vom Kleinplaneten Vesta stammen. Außerirdische Materie also, die uns frei Haus geliefert wird.« <<

Thorsten Dambeck ist Physiker, Wissenschaftsjournalist und Amateurastronom in Berlin.

ASTRONOMIE HEUTE

MARS 2003 LIVE

Das Expeditionsteam Willy Mahl, Elke Schulz und Stefan Seip (von links nach rechts) vor dem AH-Interview. Auf den Internetseiten www.astromeeting.de und www.mars03.de können Interessierte einen ersten Eindruck von ihrer Reise bekommen.

Reise nach Chile

Drei Hobbyastronomen aus Stuttgart reisen zur Marsopposition nach Chile. ASTRONOMIE HEUTE traf die drei auf der Sternwarte Höfingen bei Leonberg.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Seip, warum reisen Sie für die Marsopposition am 28. August um die halbe Welt?

Stefan Seip: Ganz einfach, in diesem Jahr kommen sich Erde und Mars mit 55,76 Millionen Kilometern so nahe wie schon seit 59 000 Jahren nicht mehr. Ein einzigartiges Ereignis, das sich so schnell nicht wiederholen wird.

AH: Heißt das, man kann auf dem Roten Planeten dann etwas entdecken, was man sonst nicht sieht?

Seip: Ja, das hoffen wir! Das Anwachsen des Marsscheibchens um fast zwanzig Bogensekunden in den letzten Monaten war schon sehr imposant. Je größer uns Mars am Himmel erscheint, desto kleiner sind die Details, die wir auf seiner Oberfläche mit unseren Teleskopen ausmachen können.

AH: Wie groß wird uns Mars denn am Himmel Ende August erscheinen?

Willy Mahl: Zur Opposition wird er einen Durchmesser von 25 Bogensekunden haben. Das entspricht der Größe einer Euro-Münze in 195 Meter Entfernung.

AH: Welche Details können Sie mit Ihren Instrumenten gerade noch auflösen?

Elke Schulz: Bei idealen Bedingungen, die wir hoffentlich in Chile haben werden, sollten wir mit unserem Teleskop noch Einzelheiten von 150 Kilometer Größe erkennen können. Die Polkappen, Wolkenbänder, dunkle Oberflächenstrukturen, den größten Vulkan im Sonnensystem – Olympus Mons – und natürlich die beiden Marsmonde: Phobos und Deimos.

AH: Warum nun ausgerechnet Chile?

Seip: Im Gegensatz zu Deutschland steht Mars in Chile zur Oppositionszeit relativ hoch am Himmel. Auch die Sichtbedingungen und die Luftruhe sind dort einfach um Klassen besser als im lichtverseuchten Deutschland. Nicht umsonst wurden in Chile in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Großobservatorien errichtet.

Schulz: Wir freuen uns, dort endlich mal einen wirklich dunklen Sternhimmel und den hoch am Firmament stehenden Mars bewundern zu können.

AH: Was passiert, wenn Marsstürme Ihnen einen Strich durch die Rechnung machen und das Antlitz des Roten Planeten zu Beginn der Opposition verschleiern?

Seip: Das glauben wir nicht. Doch selbst wenn, wird es sicher nicht langweilig sein. In Chile leuchtet ein uns weitgehend unbekannter Sternhimmel. Die Sternbilder des Südens wie das Kreuz des Südens und imposante Objekte wie die beiden Magellan'schen Wolken oder der Tarantelnebel sind von Deutschland aus nicht sichtbar.

AH: Ihr Tipp für all jene, die Mars von Deutschland aus beobachten wollen ...

Seip: Man sollte schon jetzt mit regelmäßigen Marsbeobachtungen beginnen, um Routine zu gewinnen. Allen Daheimgebliebenen, die sich für das Ereignis interessieren, rate ich, im Juli, August oder September eine Volkssternwarte zu besuchen und sich dort beim Blick durch das Fernrohr vom »Marsfieber« infizieren zu lassen. <<

Das Interview führte AH-Redakteur **Stephan Fichtner**.

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON STEFAN SEIP

»Marsjäger«: Ein Maksutov-Cassegrain-Teleskop der Firma Astro-Physics mit 254 Millimeter Öffnung und 3,7 Meter Brennweite tritt ebenfalls die Reise nach Chile an. Eine Montierung für das Instrument ist dort glücklicherweise vorhanden.

ANZEIGE

5.–7.9.: 3rd International Congress for Radio Astronomy. Heppenheim bei Heidelberg. Info: European Radio Astronomy Club, Tel. (0621) 79 45 97 / (0170) 413 36 53, Internet: www.erac.wegalink.com/congress/congress.htm

6.–7.9: 1. Göttinger Astronomietage. Göttingen, Südniedersachsen. Info: Bernd Lechte, Tel. (0551) 770 78 25, E-Mail: BLechte@t-online.de, Internet: www.avgoe.de

12.–14.9.: 50 Jahre VdS und 26. VdS-Tagung. Archenhold-Sternwarte, Berlin. Öffentliche Vorträge, Meteoritenausstellung, Planetariumsprogramm für Kinder etc. Info: VdS, Am Tonwerk 6, 64646 Heppenheim, E-Mail: info@vds-astro.de, Internet: www.vds-astro.de und www.astw.de

18.–21.9.: International Meteor Conference 2003. Bollmannsruh bei Potsdam. Info: Ina Rendtel, E-Mail: ina.rendtel@meteoros.de oder Arbeitskreis Meteore, Tel. (0331) 749 93 56, Internet: http://aipsoe.aip.de/~rend/2003imc.html

19.–20.9.: 4. Herzberger Teleskoptreffen. Herzberg, Lausitz. Info: Planetarium Herzberg, Tel. (03535) 700 57, E-Mail: planetarium.herzberg@lausitz.net, Internet: ww.herzberger-sternfreunde-ev.de

19.–21.9.: 11. Österreichischer CCD-Workshop. Mariazell, Österreich. Info: Günther Eder, Tel. +43 (676) 523 30 70, Ansage der Sternwarte: Tel. +43 (3882) 22 53, Internet: http://ccdeder.freewebspace.com/ccdws2002/indexWS03.htm

26.–28.9.: Internationales Heide-Teleskoptreffen. Reinsehlen, Lüneburger Heide. E-Mail: iht@astrogarten.de, Internet: www.astrogarten.de/IHT.htm

26.–28.9.: 4.Teleskoptreffen der Interessengruppe Astronomie. Nettetal/Hinsbeck bei Mönchengladbach. Internet: www.ig-astronomie.de

26.–28.9.: 10. Schwäbisches Amateur- und Fernrohrtreffen. Reutlingen-Gönningen, Schwäbische Alb. Info gegen frankierten Rückumschlag bei: Sternwarte, Hartmannstr. 140, 72458 Albstadt, Internet: http://home.t-online.de/home/0743172881-0001/saft.htm

26.–28.9.: 19. Internationales Teleskoptreffen. Auf der Emberger Alm, Kärnten, Österreich. Info: Wolfgang Ransburg, Tel./Fax: +49 (89) 42 55 31, E-Mail: wolfi@itt-astro.de, Internet: www.embergeralm.info/stella

27.9.: Jubiläumstagung 50 Jahre Sternwarte Recklinghausen. Ruhrgebiet. Info: Westfälische Volkssternwarte Recklinghausen, Tel. (02361) 231 34, E-Mail: info@sternwarte-recklinghausen.de (Folgetermin 4.10.)

3.–5.10.: Tage der offenen Tür bei der Volkssternwarte Hagen. Westfalen. Info: (02231) 59 07 90, Internet: www.sternwarte-hagen.de

4.10.: Tag der offenen Tür der Sternwarte Recklinghausen (siehe 27.9.)

5.10: Tag der offenen Tür der Robert-Mayer-Sternwarte Heilbronn. Info:Tel. (07131) 812 99 (Di u. Fr, 19–21 Uhr)

20.–24.10.: Astrobux 2003. Tagung zu Astronomie und Raumfahrt. Buxtehude bei Hamburg. Info: U. Uffrecht, E-Mail: uffrecht.u@t-online.de, Internet: www.astrobux.de

24.–26.10.: 2. Amateur-Teleskoptreffen. Falera, Graubünden, Schweiz. Info: Manuel Tönz, Tel. +41 (81) 285 12 09, E-Mail: toenzli@swissonline.ch, Internet: www.mirasteilas.net

24.–26.10.: 4. CCD-Workshop. Schwäbische Sternwarte und Carl-Zeiss-Planetarium, Stuttgart. Info: Geschäftsstelle der Schwäbischen Sternwarte, Tel. (0711) 2 26 08 93, Internet: www.sternwarte.de/verein/ccd-ws/2003/default.asp

VdS: Vereinigung der Sternfreunde e.V., www.vds-astro.de

Auch Ihre Termine können hier stehen! Schicken Sie frühzeitig, etwa zwei Monate vor Erscheinen der neuen Ausgabe, eine E-Mail an: ah@spektrum.com

Weltsysteme im Wandel

Ein weit verbreiteter Irrtum

Die Erkenntnis des Nikolaus Kopernikus (1473–1543), dass sich die Erde um die Sonne bewegt, wird allgemein als die größte astronomische Leistung der Renaissance angesehen. Im alten – noch von den Griechen übernommenen – Weltbild ruhte die Erde in der Mitte, umkreist von Sonne, Mond und den Planeten. Bei Kopernikus steht dagegen die Sonne im Mittelpunkt, während die Erde und die anderen Planeten um sie herumlaufen. Lediglich der Mond umrundet in diesem Bild die Erde.

Das war aber nur der Anfang einer Reihe von Demütigungen, welche die Menschheit in den darauf folgenden Jahrhunderten hinnehmen musste: Plötzlich stand die Erde nicht mehr in der Mitte des Planetensystems, die Sonne nicht mehr in der Mitte der Milchstraße. Und diese, so stellten Astronomen bereits in den Zwanzigerjahren des letzten Jahrhunderts fest, ist nur eines von Milliarden anderen Sternsystemen und durch nichts ausgezeichnet. Sogar der Mensch ist nach Darwin nicht mehr einzigartig und unabhängig von anderen Lebewesen entstanden, sondern durch die Evolution aus primitiverem Leben hervorgegangen.

War der Schritt des Kopernikus in seiner Breitenwirkung auch revolutionär, so erscheint mir doch die tiefe Erkenntnis, die wir Kopernikus' Nachfolgern Johannes Kepler, Galileo Galilei und Isaak Newton verdanken, bedeutender. Sie erkannten, dass die Physik, die wir von der Erde kennen, auch das Geschehen im Weltall bestimmt. Bei Kopernikus galten die Naturgesetze nur auf der Erde, während die Himmelskörper anderen Regeln unterlagen. Diese zwangen sie auf Kreisbahnen, deren Mittelpunkte wiederum auf Kreisbahnen lagen. In jenen Zeiten stand es den Menschen allerdings nicht zu, nach dem Grund zu fragen.

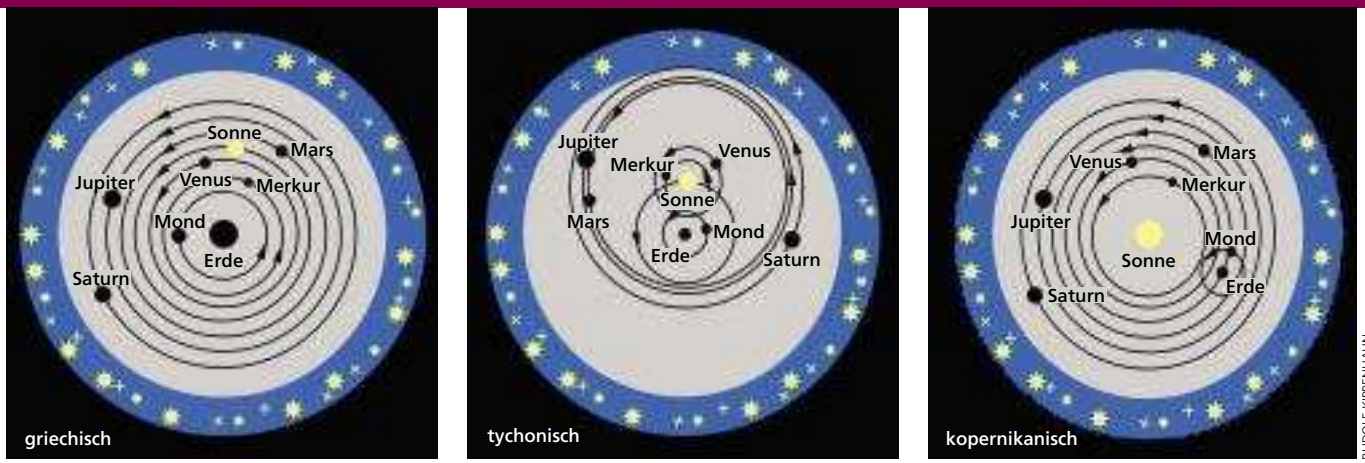
Weit verbreitet ist die Meinung, der Unterschied zwischen dem griechischen und dem kopernikanischen System bestünde allein darin, dass in einem Fall die Sonne, im anderen die Erde ruhe. Das ist ein Irrtum! Mit den Beobachtungsinstrumenten der damaligen Zeit konnte niemand entscheiden, ob sich die Sonne bewegt oder die Erde. Der Augenschein sprach für die Sonne, die im Laufe eines Tages über den Himmel wandert.

GESELLSCHAFT DER FREUNDE DER MUSIK, STOCKHOLM

Tycho Brahe (1546–1601)
hinter einem Himmelsglobus. Gemalt von einem unbekannten Künstler aus dem 17. Jahrhundert

Die Phasen der Venus

Doch wie grundlegend verschieden die beiden Systeme sind, zeigt die Venus. Es macht einen großen Unterschied, ob sie sich wie bei den Griechen um die Erde oder wie bei Kopernikus um die Sonne bewegt. Gegen Ende des Jahres 1610 entdeckte Galileo Galilei mit dem gerade neu erfundenen Fernrohr, dass die Venus wie der Mond Phasen zeigt. Geht sie als Morgenstern lange vor der Sonne auf oder als Abendstern lange nach ihr unter, hat sie im Fernrohr die Form eines Halbmondes. Steht sie nahe der Sonne, kann sie zweierlei Formen annehmen. Entweder ist sie dann eine volle Scheibe wie der Vollmond oder eine schmale Sichel. Dabei ist die Vollvenus kleiner, die Sichel aber größer als die Halbvenus, was mit ihrer jeweils unterschiedlichen Entfernung zur Erde erklärt werden kann (siehe Grafik auf Seite 69, unten). Im alten griechischen System (Abbildung Seite 69 oben, links) wäre die Venus immer nur Sichel gewesen. Eine voll von der Sonne beschienene Venusscheibe hätte um Mitternacht am Himmel stehen müssen, was

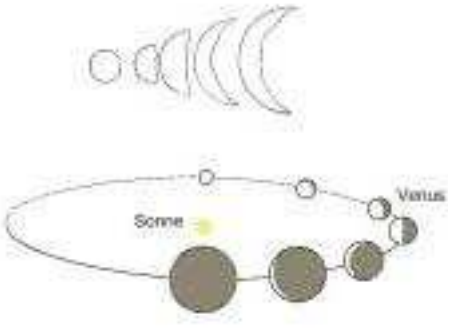


RUDOLF KIPPENHAHN

Das Planetensystem der Griechen mit der Erde im Mittelpunkt. Da Venus und Merkur am Himmel stets nahe der Sonne gesehen werden, müssten sie diesem Weltbild zufolge von uns aus stets vor ihr stehen und daher immer schmale Sicheln sein. Erst das System des Kopernikus rückte die Sonne ins Zentrum. In der Mitte steht das Kompromissmodell von Tycho Brahe.

in der Realität aber nicht vorkommt. Die wechselnden Phasen der Venus passten dagegen sehr gut zum kopernikanischen Weltmodell (Abbildung oben, rechts). In ihm zieht die Venus innerhalb der Erdbahn um die Sonne. Steht die Venus zwischen Sonne und Erde, blicken wir auf ihre von der Sonne unbeleuchtete Seite: Es herrscht »Neuvenus«. Da sie uns dann sehr nahe steht, erscheint sie uns relativ groß. Steht sie auf der entgegengesetzten Seite, von uns aus betrachtet also hinter der Sonne, sehen wir ihre Tagseite: also »Vollvenus«. Da sie dann aber weiter von uns entfernt ist, erscheint uns das volle Venusscheibchen kleiner als die Sichel.

Man könnte glauben, dass dieser recht simple Beobachtungsbefund eigentlich ausreichen müsste, um alle Menschen – vor allem die Richter im Prozess der Kirche gegen Galilei – dazu zu bringen, das Weltbild des Kopernikus zu akzeptieren. Doch dem war nicht so. Im Jahre 1588 veröffentlichte der dänische Astronom Tycho Brahe seine Beobachtungen eines im Jahre 1577 erschienenen Kometen. Bei dieser Gelegenheit erläuterte er seine Vorstellungen vom Planetensystem (Abbildung oben, Mitte). Wie bei den Griechen nimmt bei ihm die Erde die Mitte ein, umkreist von der Sonne. Die anderen Planeten bewegen sich jedoch nicht um die Erde, sondern um die Sonne herum. Nur der Mond läuft um die Erde. Dieses System stellte einen Kompromiss zwischen dem griechischen und dem kopernikanischen Weltbild dar. In gewissem Sinn sind das kopernikanische und das tychonische System also gleichwertig. Die Stellung der Himmelskörper zueinander und die Winkel zwischen ihren Verbindungslinien sind in beiden Systemen gleich. Deshalb sind auch die Erscheinungen der Planeten dieselben. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass bei Kopernikus die Sonne, bei Brahe die Erde ruht.



Die Phasen der Venus, wie sie Galilei im Fernrohr sah (oben). Die Erklärung dazu im kopernikanischen wie im tychonischen System (unten)

»Warum soll denn die riesige Sonne um die winzige Erde laufen?«

Die von Galilei beobachteten Phasen der Venus widerlegen das griechische Modell, denn in ihm wäre die Venus stets nur als Sichel zu sehen, da sie von der Erde aus betrachtet stets in einem Raumgebiet vor der Sonne steht. Zur Unterscheidung der Systeme von Kopernikus und Brahe trugen Galileis Venusbeobachtungen indes nichts bei, denn in beiden Systemen zeigt die Venus zur gleichen Zeit die gleichen Phasen. Diese beweisen, dass sich der Planet um die Sonne bewegt, nicht aber dass die Sonne ruht und die Erde sich bewegt.

Trotzdem hielt Galilei nichts vom System Brahes. »Warum«, so fragte er provokativ, »soll denn die riesige Sonne um die winzige Erde laufen?« Am Horizont seines Denkens tauchten bereits die Umrisse des Lehrsatzes der Mechanik auf, wonach sich zwei Himmelskörper um den gemeinsamen Schwerpunkt bewegen.

Tycho Brahe war der beste Beobachter seiner Zeit. Seine Messungen der Bewegung des Planeten Mars lieferten Johannes Kepler – mit dem er in den letzten Jahren seines Lebens in Prag zusammenarbeitete – das Material, um die Gesetze der Planetenbewegung abzuleiten.

Gemeinsam mit einer Gruppe von Kollegen besuchte ich vor Jahren anlässlich einer Tagung Tycho Brahes Grab in der Prager Teynkirche. Der Fremdenführer erklärte uns, dass Tycho starb, weil er es bei einem Festmahl in Gegenwart des Kaisers angeblich nicht gewagt hatte, aufzustehen und der Toilette einen Besuch abzustatten. Daraufhin wäre ihm die Blase geplatzt. Wir starrten ehrfurchtsvoll auf die Grabplatte in der Kirche. Später erzählte mir ein befreundeter Mediziner, dass die Geschichte erfunden sein müsse. Der Drang der Natur wäre letztlich immer stärker als der Respekt vor dem Staatsoberhaupt. <<

Rudolf Kippenhahn, geb. 1926 in Bärringen (Tschechoslowakei), leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seit seiner Pensionierung lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

GLANZLICHTER

Das schönste Glanzlicht der vergangenen Monate war die partielle Sonnenfinsternis Ende Mai. Deshalb widmen wir Ihren wundervollen Aufnahmen gleich zwei Doppelseiten. Aber auch die Attraktionen des Nachthimmels kommen nicht zu kurz.

Die Sonnenfinsternis

am 31. Mai über der Eisenbahnbrücke Hochdonn. Das Bild wurde mit einer Nikon FM2 mit 1200facher Vergrößerung aufgenommen.

>> Kersten Polzin

In den Wolken

Oben: Zwölf Sekunden lang wurde dieses Foto belichtet, bei Blende 8 mit einem 300-Millimeter-Objektiv, einem 2fach-Telekonverter und einer 2fach-Barlowlinse.

>> Kersten Polzin

Sonnen- und Windkraft

Mit einer Nikon F3 und einem Tamron 300/2.8 gelang diese Aufnahme. Das Bild wurde 1/250 Sekunde belichtet und mit Photoshop 5.0 nachbearbeitet.

>> Thomas Hoffmann

Sonnenreigen

Rechts: Die Reihenaufnahme entstand in Cuxhaven-Döse. Belichtet wurde von 5.20 – 5.40 Uhr im Abstand von fünf Minuten mit einer Nikon F801 mit 200fach-Zoom.

>> Torsten Damme

Überseehafen

Die Sonnenfinsternis wurde um 5.25 Uhr über Warnemünde mit einer Minolta X-370s eingefangen.

>> Wolfgang Schröder

Sonne über Berlin

Ein Carl-Zeiss-Jena-50/540-Refraktor auf dem Hahneberg in Berlin-Spandau holte die Sonne für dieses Bild heran. >> Klaus-Peter Janovics

Spiegelung

Dieses stimmungsvolle Bild der Sonnenfinsternis über dem Biersdorfer See gelang mit einer Nikon F-601 auf Fujichrome 100.

>> Thomas Helms

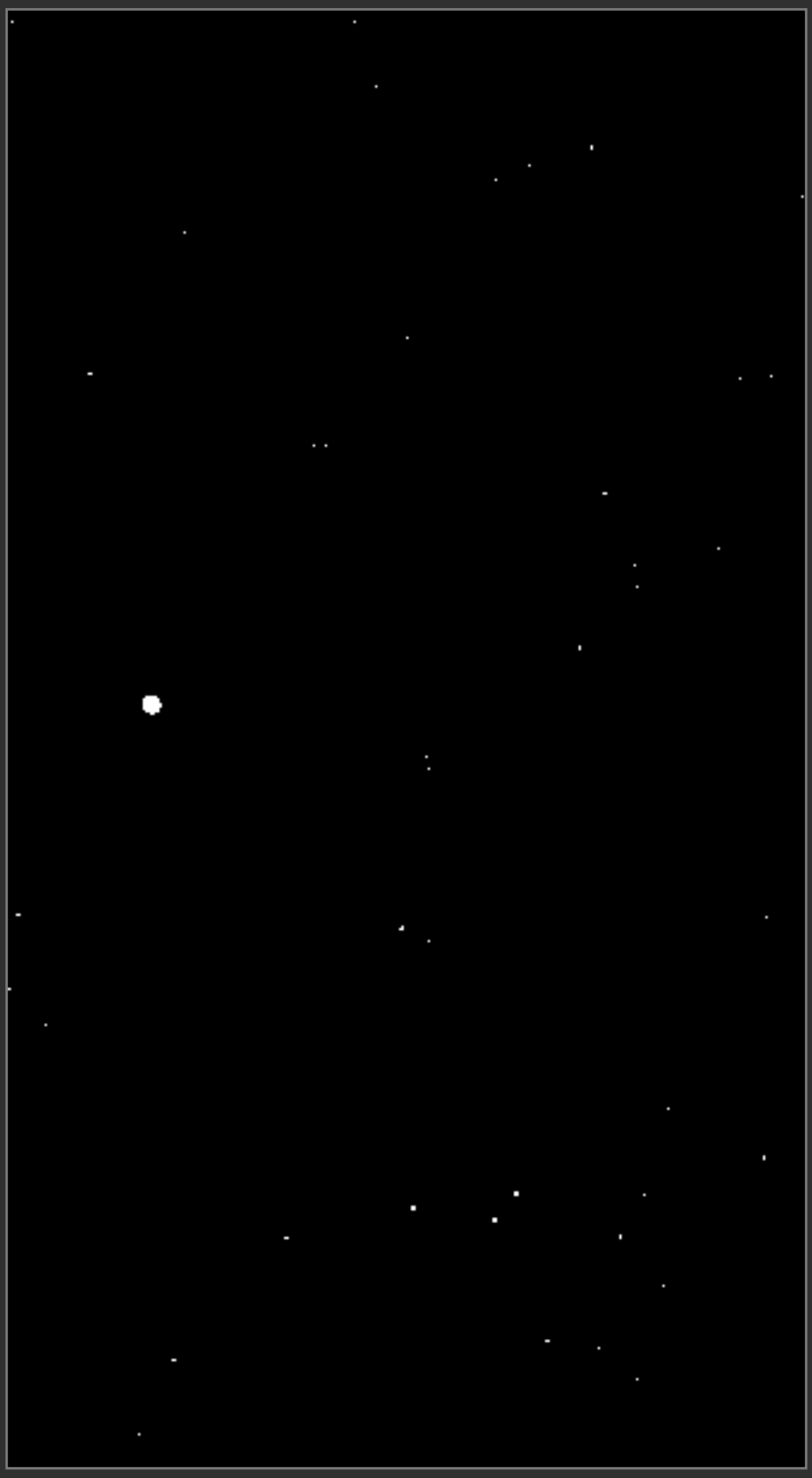
Sonnenaufgang

Die partielle Finsternis wurde in der Nähe von Landshut mit einer Kleinbildkamera abgelichtet.

>> Manuela Grimm

Ende der Welt

Am Strand von Durness in Nordschottland entstand dieses Bild mit einer Canon EOS-300 und einem 300-mm-Tele. >> Claus Mühle



Jupiter nahe der Krippe

Am 12. Dezember 2002 wurde diese Konjunktion von Jupiter (links) und Krippe (rechts) von einer Nikon FM2 mit einem 1.2/58-mm-Objektiv auf einem Kodak-Ektachrome-100S-Film verewigt. >>Kersten Polzin

C/2001 A2 (Linear)

Von Hakos in Namibia aus gelang am 13. Juli 2001 diese Kometenaufnahme. >> Michael Jäger

Aurora

Oben: Die Aufnahme entstand auf der ITV-Sternparty in Stumpertenrod mit einem Zodiak-3.5/30-mm-Objektiv an einer PraktiSix-Kamera mit einer Minute Belichtungszeit. Das Rohr im Vordergrund ist ein Teleskop. >> Martin Fiedler

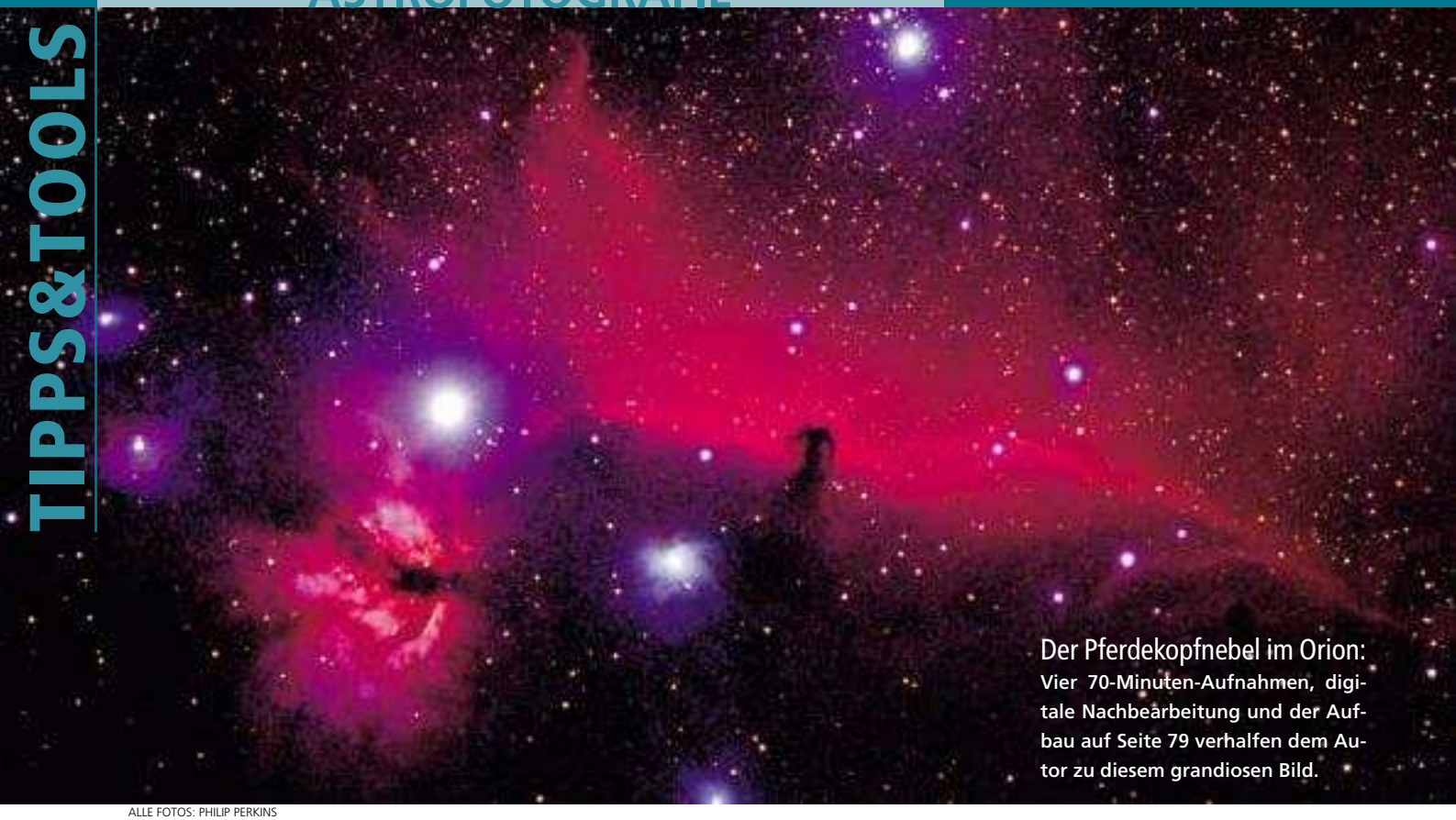
Tunnelblick

Unten: Dieses schöne Bild der Himmelsdrehung wurde eine Viertelstunde lang auf einen 400-ASA-Dia-Film belichtet. Die Contax-Kamera hatte ein 2.8/28-mm-Objektiv.

>> Nikolai Klassen

Machen Sie mit: Schicken Sie uns Ihre »Glanzlichter«.
Aus allen Einsendungen wählen wir die schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. Bilder der bevorstehenden Mars-Opposition nehmen automatisch an unserem Wettbewerb teil (siehe S. 3).

Adresse:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg
E-Mail: ah@spektrum.com (Bitte hochaufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder zusenden!)



Der Pferdekopfnebel im Orion: Vier 70-Minuten-Aufnahmen, digitale Nachbearbeitung und der Aufbau auf Seite 79 verhalfen dem Autor zu diesem grandiosen Bild.

ALLE FOTOS: PHILIP PERKINS

Nachführung ist alles – so gelingt Astrofotografie

Eine präzise Nachführung ist Voraussetzung für viele Bereiche der Astrofotografie. Mit dem richtigen Know-how gelingen wunderschöne, gestochen scharfe Aufnahmen selbst entfernter Galaxien.

>> Philip Perkins

GLOSSAR

Deklination, Rektaszension: Koordinaten auf der Himmelskugel analog zur geografischen Breite und Länge auf der Erde.

Parallaktische Montierung: Montierung mit einer Achse, die parallel zur Erdachse ausgerichtet wird, also auf den Himmelspol zeigt. Lässt ein Motor sie mit derselben Winkelgeschwindigkeit rotieren, wie sie die Erde aufweist, aber in die entgegengesetzte Richtung, gleicht dies die »Bewegung« der Sterne aus.

Wer die Wunder des Sternhimmels auf Film oder CCD festhalten will, begibt sich auf eines der faszinierendsten Gebiete der Astronomie. Und merkt sehr schnell: Um ferne, lichtschwache Galaxien und Nebel zu fotografieren, muss er den Film lange Zeit belichten. Weil aber unser Beobachtungsort mit der Erde rotiert, »wandern« unterdessen die Sterne über den Himmel und hinterlassen Strichspuren statt Punkte auf der Aufnahme. Besonders kritisch ist daher die Nachführung, durch die die Erddrehung mit möglichst hoher Präzision ausgeglichen wird.

Ohne Nachführung laufen die Sterne schon nach Minuten aus dem Fadenkreuz, wie gut ein Teleskopantrieb auch konstruiert und das Instrument auf den Himmelspol ausgerichtet (»eingenordet«) sein mag. Doch auch die Nachführung selbst ist anfällig für Fehler.

Periodische Fehler: Ein wichtiger Teil jeder parallaktischen Montierung (siehe Glossar links) ist das Schneckenrad, das die Stundenachse antreibt. Mithilfe die-

ser Achsenbewegung kann das Teleskop ein Objekt am Himmel verfolgen. Da aber jedes Getriebe auf Grund winziger Ungenauigkeiten seiner Bauteile nicht immer exakt gleichförmig arbeitet, wird die Stundenachse mal etwas schneller und dann wieder etwas langsamer angetrieben. Dies führt zu einer unregelmäßigen Nachführung bei der Rektaszension (siehe Glossar links).

Falsche Nachführgeschwindigkeit: Die Geschwindigkeit der Teleskopnachführung hebt den Einfluss der Erdrotation nicht genau auf.

Ungenaue Polausrichtung: Die Stundenachse des Teleskops muss parallel zur Drehachse der Erde ausgerichtet sein. Schon geringe Abweichungen erzeugen Nachführfehler in der Rektaszension und eventuell auch in der Deklination.

Biegekräfte, die auf die Teleskopmontierung wirken: Das Gewicht der Kamera und des Sucherteleskops übt veränderliche Zugkräfte auf die Montierung aus. Manche Montierungen verbiegen sich dabei geringfügig, was zu Abweichungen von einigen Bogensekunden führen kann.

Atmosphärische Refraktion: Ändert ein Stern seine Höhe über dem Horizont (insbesondere dann, wenn er nahe dem Ost- oder Westhorizont ist), läuft sein Licht durch Luftschichten mit unterschiedlichem Brechungsindex. Dadurch ändert sich seine scheinbare Position binnen weniger Minuten und sein Abbild auf dem Foto verschmiert.

Um ein einwandfreies Bild zu erhalten, muss man die Nachführung des Teleskops also ständig kontrollieren. Meist liegen die notwendigen Korrekturen im Bereich einiger Bogensekunden.

Die Polausrichtung

Vor der Aufnahme sollten Sie Ihr Teleskop einnorden, also die Stundenachse des Teleskops parallel zur Erdachse ausrichten. Sonst rotiert das Bildfeld sogar bei perfekter Nachführung: Sterne am Rand des Gesichtsfelds scheinen sich dann um den Leitstern zu drehen.

Die erforderliche Genauigkeit der Polausrichtung hängt von Aufnahmedauer und Kamerabrennweite ab. Für kurze Aufnahmen mit Normalobjektiven von fünfzig Millimeter Brennweite nach der unten beschriebenen Huckepack-Methode genügt es schon, den Polarstern grob mit der Stundenachse anzupeilen.

Aufnahmen mit Teleobjektiven oder durchs Teleskop erfordern mehr Präzision. Daher besitzen einige Montierungen spezielle Polsucherfernrohre zur einfachen Ausrichtung der Polachse. Eine besonders präzise Ausrichtung erzielt man mit der im Kasten auf Seite 78 beschriebenen Vorgehensweise nach Scheiner.

Die einfachste Methode? Huckepack!

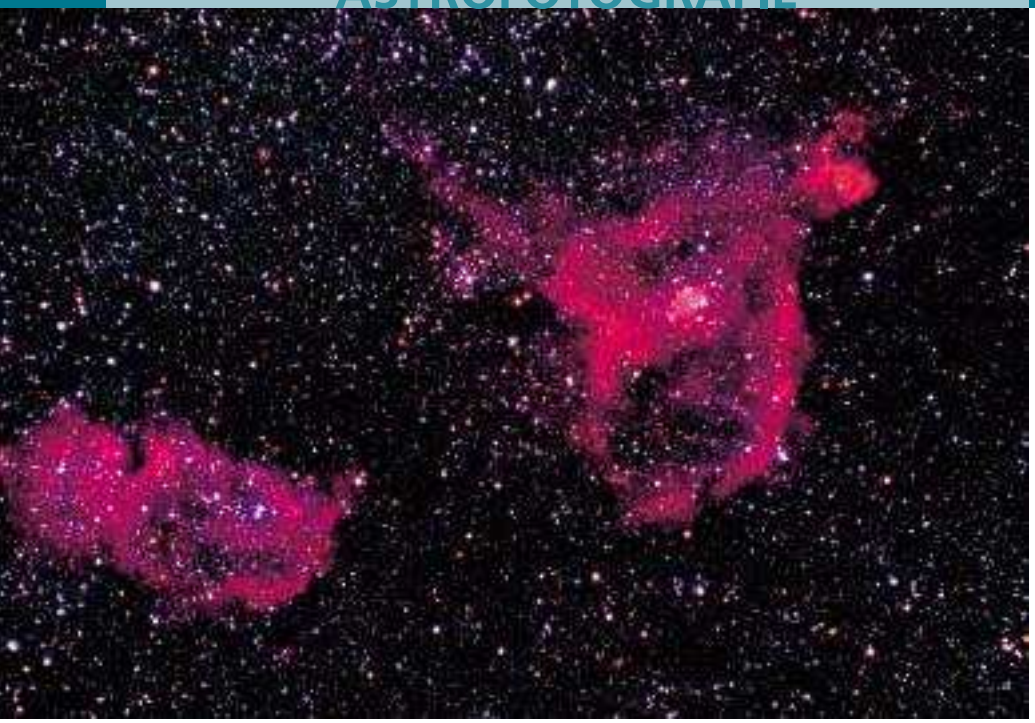
Es gibt drei Möglichkeiten, den Sternhimmel zu fotografieren: Mit der Kamera huckepack auf dem Teleskop, mit einem so genannten Off-Axis-Guider oder mit einem separaten Leitrohr.

Die Huckepack-Methode ist die einfachste und sicherste Methode, um Weitwinkelaufnahmen des Nachthimmels zu machen. Man befestigt die Kamera mit einer Klemme oder einem Kugelkopfstativ am Teleskop und öffnet den Verschluss mit einem Drahtauslöser, während man das Teleskop über einen Leitstern nachführt. Mit einem Normal- oder Weitwinkelobjektiv lassen sich so ganze Sternbilder oder Teile der Milchstraße aufnehmen. Als Nachführhilfe benutzt man ein stark vergrößerndes Okular, das entweder mit einem Fadenkreuz oder einer Glasplatte mit eingeätzten Markierungen ausgerüstet ist. Zielen Sie nun auf einen Leitstern passender Helligkeit und halten Sie ihn so exakt wie möglich im Fadenkreuz. Wenn Sie das Okular etwas unscharf stellen, erkennen Sie statt eines Punktes ein besser sichtbares Sternscheibchen. Größere Nachführfehler führen zu länglichen oder gar doppelten Abbildungen. >

Die Milchstraße im Schwan

Dieses Bild wurde mit einer Pentax-Kamera huckepack auf einem Ritchey-Chrétien-Teleskop aufgenommen (ähnlich der Anordnung auf dem kleinen Bild). Oben links befindet sich der Nordamerikanebel. Sehr schwach zu erkennen ist der Schleiernebel links unterhalb der Mitte.

IMELDA JOSON



Huckepack-Fotografie

Auf ein 10-Zoll-Meade-LX200 montiert, bildet ein 300-mm-Teleobjektiv (Bild unten) die Emissionsnebel IC 1805 (Bild links, rechtes Objekt) und IC 1848 in Kassiopeia ab. Das Bild wurde aus zwei 40 Minuten und vier 20 Minuten lang belichteten Aufnahmen zusammengesetzt.

> **Nachführung mit einem Leitfernrohr:** Bei Aufnahmen durch das Teleskop, das dann als Kameraobjektiv dient, benötigen Sie ein Leitfernrohr. Das ist ein Zusatzfernrohr, das nur der Nachführung dient. Für hohe Genauigkeit sollte seine Brennweite mindestens ein Viertel der Teleskopbrennweite betragen.

Üblicherweise wird das Leitfernrohr mit Rohrschellen so am Hauptfernrohr befestigt, dass es unabhängig von diesem auf einen passenden Leitstern ausgerichtet werden kann, der in bis zu zwei Grad Entfernung vom eigentlichen Beobachtungsobjekt stehen darf. Die Verbindung zwischen Leit- und Hauptfernrohr sollte sich aber weder verbiegen noch bewegen, da die Sterne sonst auch bei perfekter Nachführung oval oder länglich erscheinen.

Off-Axis-Guider (OAG): Ein solches Gerät bietet sich bei Teleskopen an, deren optische Komponenten kippen oder sich verschieben könnten (wie etwa bei vielen Schmidt-Cassegrains mit ihren beweglichen Hauptspiegeln), aber auch bei Newton- und Cassegrain-Teleskopen.

Einen OAG schließt man direkt am Hauptfernrohr an. Mittels eines kleinen Prismas spiegelt er einen Teil des Lichts

Die Scheiner-Methode: Wie Sie die Polachse Ihres Teleskops exakt und einfach ausrichten

Bei der Polausrichtung Ihres Fernrohrs wird die Stundenachse (Polachse) des Teleskops parallel zur Erdachse ausgerichtet, am besten mit dieser einfachen, wenn auch etwas zeitaufwändigen Methode:

1. Stellen Sie die Montierung Ihres Teleskops möglichst waagerecht auf. Lassen Sie die Polachse grob nach Norden zeigen, indem Sie eine Deklination von +90 Grad einstellen und das Teleskop so ausrichten, dass sich der Polarstern in der Mitte des Suchers befindet.

2. Benutzen Sie ein Zenitprisma (nicht bei Newton-Teleskopen) und ein Fadenkreuzokular mit etwa 200facher Vergrößerung. Drehen Sie es so, dass sich ein Stern bei Betätigung der Feinbewegung auf einem der Fäden bewegt.

3. Suchen Sie einen Stern im Süden auf Höhe des Himmelsäquators, also mit einer Horizonthöhe von etwa vierzig Grad. Stellen Sie ihn auf die Mitte des Fadenkreuzokulars ein. Schauen Sie, ob er in Deklination wandert (also nach oben oder unten), während der Teleskopantrieb läuft. Abweichungen nach links oder rechts ignorieren Sie zunächst. War Ihre anfängliche Ausrichtung noch ungenau, so stellen Sie innerhalb von fünf bis dreißig Sekunden eine Drift nach oben oder unten fest.

4. Wandert der Stern nach oben (unten), so steht die Polachse westlich (östlich) des Pols. Verschieben Sie den Azimut der Teleskopmontierung so, dass sich der Stern im Bildfeld nach rechts (links) bewegt. (Falls Sie kein Zenitprisma benutzen, kehren Sie die angegebenen Richtungen um.) Wiederholen Sie diesen Schritt, bis auch nach fünf Minuten Wartezeit keine Drift mehr feststellbar ist.

5. Suchen Sie am südöstlichen oder südwestlichen Horizont nahe dem Himmelsäquator einen Stern mit einer Horizonthöhe von mindestens zwanzig Grad. (Steht er tiefer, verändert die atmosphärische Brechung des Lichts die scheinbare Sternposition.) Stellen Sie ihn im Fadenkreuzokular mittig ein und überprüfen Sie, ob er in der Deklination wandert.

Für den Osthorizont gilt: Wandert der Stern nach oben (unten), ist die Polhöhe zu hoch (niedrig) eingestellt. Drehen Sie so an der Polhöheneinstellung, dass sich der Stern im Gesichtsfeld nach unten (oben) bewegt. Am Westhorizont gilt: Wandert der Stern nach oben (unten), ist die Polhöhe zu niedrig (hoch) eingestellt. Verstellen Sie diese so, dass er sich dabei ebenfalls nach oben (unten) bewegt.

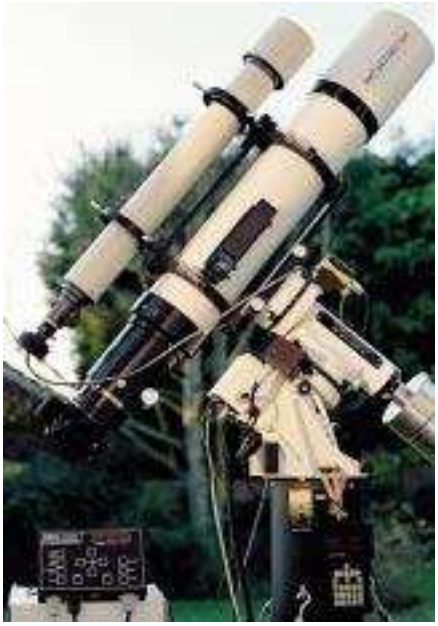
Dies müssen Sie unter Umständen mehrmals wiederholen, bis auch nach fünf Minuten keinerlei Abweichung mehr sichtbar ist. Haben Sie größere Korrekturen in der Polhöhe gemacht, sollten Sie den Azimut noch einmal kontrollieren (Schritt 4).

vom Gesichtsfeldrand seitlich durch ein Nachführokular heraus. Die Nachführung geschieht also direkt mit Licht aus dem Strahlengang des Hauptrohrs. Probleme durch Verbiegen oder Verkippen der optischen Komponenten werden so vermieden. Weil das Prisma am Rand des Kamerabildfelds sitzt, schattet es das Bild nur wenig ab. Zum Fokussieren richtet man das Fernrohr samt Kamera auf ein helles Objekt und stellt das Bild im Teleskop scharf. Das Nachführokular wird durch Verschieben des Okularauszugs des OAGs separat scharf gestellt.

Da aber viele Teleskope am Rande des Bildfelds optische Fehler aufweisen, kann das Bild des nachgeführten Sterns verzerrt oder verschwommen und dadurch schwächer sein – entsprechend begrenzt ist die Auswahl an geeigneten Nachführobjekten. Weil diese zudem nicht allzu weit vom aufgenommenen Objekt stehen dürfen, stellen sternarme Regionen ein besonderes Problem dar.

Ob Sie nun ein Leitfernrohr oder einen Off-Axis-Guider benutzen, beim Fotografieren durch das Teleskop müssen Sie mit mindestens 200facher Vergrößerung nachführen. Dennoch können schlechte Beobachtungsbedingungen die Nachführung zur Herausforderung machen, wenn etwa der Leitstern zu flimmern beginnt oder im Okular herumspringt.

Wie geht man nun bei der Nachführung per OAG vor? Richten Sie zuerst das Gesichtsfeld so aus, dass das zu fotografierende Objekt in der Mitte steht. Verdrehen Sie dann Kamera und OAG so, dass sich die gewünschte Bildkomposition ergibt. Stecken Sie ein Okular mit möglichst großem Gesichtsfeld in den OAG und suchen Sie einen passenden Leitstern. Falls nötig, drehen Sie den OAG. Ersetzen Sie das Weitwinkelokular durch ein Fadenkreuzokular und positionieren Sie den Stern im Zentrum. Haben Sie den Off-Axis-Guider gedreht, müssen Sie dann auch die Kamera drehen, um die Bildeinstellung wiederherzustellen.



Die Korrekturrichtung sehen Sie am besten, wenn Sie das Fadenkreuz in Ost-West-Richtung parallel zur Fernrohrbewegung einstellen. Falls Sie eine Handsteuerung mit vier Knöpfen benutzen, sollten Sie diese parallel zu den Richtungen im Fadenkreuzokular halten, damit die Knöpfe in dieselbe Richtung zeigen, in die Sie auch das Bild bewegen. Hat Ihr Teleskop in Rektaszension oder Deklination etwas Spiel, verschieben Sie die Gegengewichte ein wenig, sodass das Zahnrad, das die Achse dreht, immer guten Kontakt zur Antriebsschnecke hat.

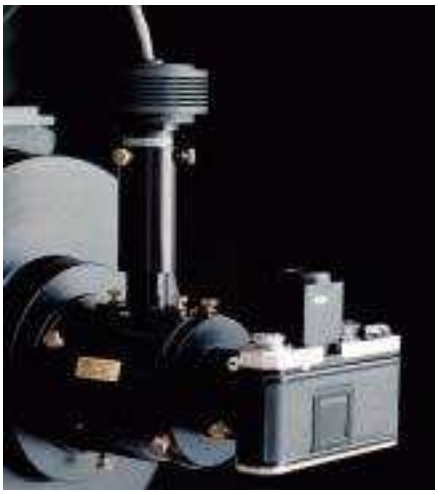
Computergesteuerte Nachführung

Am komfortabelsten gerät die Nachführung mithilfe eines »Autoguiders«. Er besteht aus einer kleinen CCD-Kamera, die an ein Leitfernrohr oder einen OAG angeschlossen wird, und einer Steuereinheit. Die Kamera nimmt den Leitstern regelmäßig auf und vergleicht dessen aktuelle Position mit seiner Anfangsposition auf dem CCD-Chip. Bei jeder Abweichung sendet die Steuereinheit Korrektursignale zum Teleskopantrieb.

Autoguider gibt es etwa von Meade Instruments (201XT, 208XT und 216XT) oder der Santa Barbara Instrument Group (SBIG STV). Der STV-Vorgänger SBIG ST-4 war im letzten Jahrzehnt das Arbeitspferd der Amateure. Geräte wie dieses haben die Astrofotografie revolutioniert, indem sie das Nachführen bequemer und genauer machten. Das aktuelle STV-Modell erlaubt dank höherer Empfindlichkeit das Nachführen auch schwächerer Leitsterne und kann CCD-Aufnahmen machen und abspeichern. Gleichzeitig aber erhöhen solche Geräte den Stromverbrauch und sind nicht billig: Die Modelle von Meade gibt es ab 729 Euro, das SBIG STV kostet in der Basisversion rund 2500 Euro.

Einige CCD-Kameras wie etwa die Starlight-Xpress-MX-Modelle haben eine eingebaute Nachführmöglichkeit. Andere, wie die Modelle aus der ST-Serie von SBIG, besitzen zwei CCD-Chips: einen kleinen zum Nachführen und einen größeren zur Aufnahme. Diese Kameras ermöglichen es zudem, viele Kurzzeitaufnahmen zu addieren und so auf elektronischem Wege eine langbelichtete Aufnahme zu erzeugen – eine Nachführung wird hier überflüssig.

Wer also bereit ist, tief in die Brieftasche zu greifen und sich die notwendigen Fähigkeiten anzueignen, kann mit einfachen Amateurinstrumenten mittlerweile faszinierende Himmelsaufnahmen machen, wie sie noch vor wenigen Jahrzehnten nur professionellen Observatorien gelangen. <<



Off-Axis-Guider wie der Lumicon Giant Easy Guider bestehen aus einem Verbindungsstück zwischen Teleskop und Kamera und einer dazu senkrechten Röhre, durch die Licht aus dem Strahlengang zwecks Nachführung herausgespiegelt wird.

Kein noch so gut konstruierter Teleskopantrieb kommt ohne Nachführkorrektur aus. Das Bild zeigt einen 155-mm-f/7-Refraktor von Astro-Physics mit einem 80-mm-f/11-Leitfernrohr, an dessen Ende sich ein SBIG-ST4-CCD-Autoguider befindet. Mit diesem Aufbau gelang die Aufnahme des Pferdekopfnebels auf Seite 76.

Der Engländer **Philip Perkins** arbeitet als Manager in der Telekommunikationsbranche. Seine Astrofotografien und eine wachsende Sammlung von Artikeln zur Astrofotografie finden Sie auf seiner Webseite www.astrocruise.com.

Roboterastronomie im 21. Jahrhundert

Programmierbare Präzisionsmontierung der Luxusklasse: Für die »Paramount GT 1100 ME« von Software Bisque findet unser Autor fast nur lobende Worte. Sogar via Internet lässt sich das Gerät fernsteuern.

>> Dennis di Cicco

Wohl keine Montierung auf dem Markt für Astronomiezubehör ist mit der Paramount GT 1100 ME vergleichbar. Das Design bietet zwar nichts Neues, denn die Konstruktionsprinzipien Äquatorialer Deutscher Montierungen werden seit ihrer Einführung im Jahre 1824 durch den Münchner Gelehrten Joseph von Fraunhofer praktisch unverändert angewandt. Und auch die präzise Go-to-Positionierung der GT 1100 ME ist längst nicht einmalig.

Was also ist das Besondere an diesem Produkt der US-Firma Software Bisque? Die Paramount ist im wahrsten Sinne des Wortes eine Robotermontierung! Ihre Konzeption orientierte sich an der für CCD-Aufnahmen erforderlichen Genauigkeit, und gleichzeitig wurde das Instrument für das vollautomatische Ansteuern eines vorgegebenen Ziels (»Pointing«) und für die Nachführung ausgelegt. Dank der mitgelieferten Software kann es vollautomatisch arbeiten, lässt sich aber auch via Internet von der anderen Seite der Welt steuern. Die Paramount wurde als Herz eines Systems konstruiert, das zwischen Abend- und Morgendämmerung nach einem vorgegebenen Beobachtungsplan Hunderte von CCD-Aufnahmen machen kann, ohne dass währenddessen auch nur ein einziger Mausklick erforderlich wäre.

Für ihren Aufbau benötigte ich nicht einmal eine Stunde. Er umfasst die Verbindung der Montierung mit der Säule mittels Handschrauben, Eindrehen der Gegengewichtsachse aus rostfreiem Stahl und Anbringen der Teles-

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Perfekte Automatisierung
Amateure können mit dieser 12 500 Euro teuren Robotermontierung aufwändige Beobachtungsprojekte realisieren. Erstklassig sind ihr mechanisches Design, die verwendeten Materialien und die mitgelieferte Software.

S&T / DENNIS DI CICCO

Via Internet steuerte der Autor eine in New Mexico installierte Paramount. Seine CCD-Aufnahmen zeigen (von links nach rechts) IC 2162 im Orion, den Krebsnebel im Stier und NGC 1491 im Perseus.

kopaufnahmeplatte am oberen Ende der Deklinationsachse.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft der Montierung ist ihre interne Verkabelung. Sie verläuft von den Buchsen der Steuerleiste am unteren Ende des Stundenachsengehäuses bis zu den Buchsen, die an einem Ende der Teleskopaufnahmeplatte aufgereiht sind. Dank ihrer wird vermieden, dass sich Kabel verhaken und die Automatik stören. Außerdem ist die Montierung von vornherein so konstruiert, dass der Beobachter zusätzlich eigene Kabel durch Stunden- und Deklinationsachse führen kann. Sogar ein Wasserkreislauf für die CCD-Kühlung ließe sich durch diese Kabelkanäle leiten!

Jeder Stern nur einen Klick entfernt

Die Montierung lässt sich nur mithilfe eines Joysticks manuell über den Himmel schwenken, denn an keiner der Achsen gibt es Klemmungen oder eine Möglichkeit zur Feinjustierung. Zwei Knöpfe erlauben es jedoch, den Schneckenantrieb der Achsen auszukuppeln: So kann die Montierung frei durchschwingen und lässt sich leichter ausbalancieren.

Die Software installierte ich auf einem alten Laptop mit einem 133-Megahertz-Prozessor – dem Minimum an erforderlicher Rechnerleistung – unter dem Betriebssystem Windows 98. Das Programm »TheSky«, Software Bisques bewährtes Flaggschiff, steuert die Paramount bequem: Ein einziger Mausklick auf das Zielobjekt positioniert die Montierung. Falls Ihr Ziel nicht in den Datenbanken von TheSky enthalten ist, geben Sie seine Position einfach manuell ein. Nicht einmal die Initialisierung mithilfe eines Sterns ist erforderlich.

Für größtmögliche Genauigkeit beim Aufsuchen eines Zielobjekts sorgt »TPoint«. Eine spezielle Version dieser Software kommt auch bei einigen der bedeutendsten professionellen Teleskope, etwa den Zehn-Meter-Keck-Teleskopen, zum Einsatz. TPoint unterstützt zwei besondere Eigenschaften der Paramount. Während der erstmaligen Poljustierung schwenken Sie die Montierung auf von Ihnen ausgewählte Sterne, die möglichst gleichmäßig über den Himmel verteilt sind. Je mehr, desto besser, mindestens sechs Sterne müssen es aber sein. Dabei gewinnt TPoint die nötigen Informationen, um die Abweichung der Stundenachse vom wahren Himmelspol zu berechnen. Anschließend kann man den Azimut und die Polhöhe der Montierung korrigieren und so die Justierung optimieren.

Die beeindruckendsten Fähigkeiten von TPoint zeigen sich jedoch beim Ansteuern vorgegebener Himmelspositionen. Nach dem »Abfahren« der Eichsterne korrigiert TPoint die Poljustage-Fehler und erzielt so eine Genauigkeit von zwei Bogenminuten oder gar weniger.

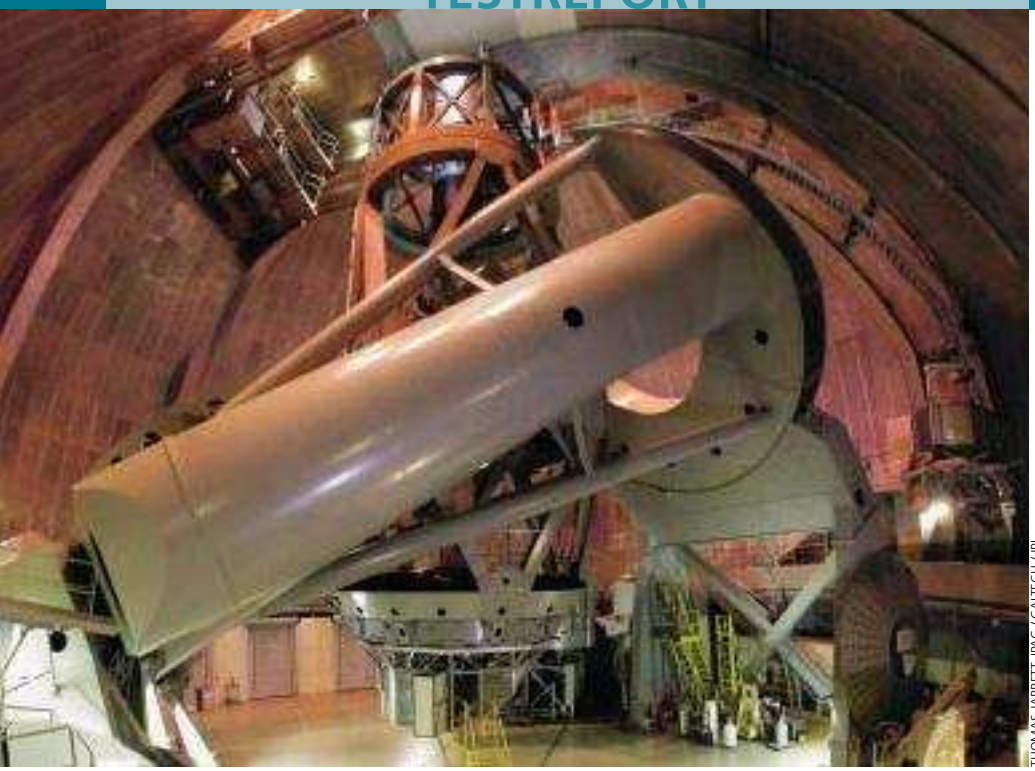
Überflüssig zu erwähnen, dass die Paramount grundsolide ist. Ihre Erprobung führte ich hauptsächlich mit einem Zehn-Zoll-Meade-Schmidt-Newton-Reflektor und einem Vier-Zoll-TeleVue-NP-101-Refraktor als Leitfernrohr durch. Inklusive Zubehör betrug deren Gesamtgewicht rund 23 Kilogramm. Ausbalanciert wurde das System durch zwei Zehn-Kilogramm-Gegengewichte. Ein erster kleiner Test verlief erfolgreich: Leichtes Schlagen gegen einen der beiden Teleskoptuben erzeugte praktisch keine Vibration.

Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft der Paramount ist der äußerst kleine periodische Fehler des Stundenantriebs. Ich unternahm mehrere Versuche, ihn visuell oder mittels CCD-Aufnahmen zu messen. Jedes Mal war der Fehler kleiner als das Zittern der Sternposition, das durch das atmosphärische Seeing hervorgerufen wird. Der tatsächliche periodische Fehler beträgt sicherlich weniger als zwei Bogensekunden – ein fantastisch geringer Wert!

Abgerundet wird das Softwarepaket durch »CCDSoft« für die Steuerung von CCD-Kameras und die Bildbearbeitung sowie »Orchestrate« für die Programmierung automatisierter Beobachtungsvorgänge. Zusatzsoftware ermöglicht >

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Grundsolide, doch kein Schwergewicht. Die Basisversion der Paramount, hier von unserem Autor Dennis di Cicco gestemmt, wiegt 29 Kilogramm.



THOMAS JARRETT, IPAC / CALTECH / JPL

S&T / DENNIS DI CICCO

Die elitäre Welt professioneller Observatorien ist Amateuren unzugänglich. Doch nur wenige Kilometer vom Palomar Observatory mit seinem 5-Meter-Hale-Teleskop (oben) entfernt, kann auch Dale Mais dank seiner Paramount »echte Forschung« betreiben (unten).

> die Steuerung des Teleskops über große Distanzen hinweg. Voraussetzung sind lediglich zwei per Kabel, Funk oder Internet vernetzte Computer, einer davon am Teleskop und einer am Standort des Beobachters.

Im Verlauf meines Tests sprach ich mit jemanden, der wirklich alle Features der Software ausprobiert hat: Dale Mais. Umgeben von Orangenbäumen profitiert sein 600 Meter hoch gelegenes Observatorium im Garten seines Hauses in Kalifornien von den hervorragenden Beobachtungsbedingungen, die auch das nahe gelegene Palomar-Observatorium auszeichnet.

Dale betreibt – in den Worten von Tom Bisque, einem Bruder des Gründers von Software Bisque – »echte Wissenschaft«. Gemeinsam mit Robert Stencel von der University of Denver überwacht er eine wachsende Zahl von veränderlichen Sternen des Mira-Typs in der Hoffnung, einen ihrer Strahlungsausbrüche zu erwischen. Gelingt ihm dies, kann er sofort spektroskopische Beobachtungen durchführen (mehr dazu unter http://members.cts.com/cafe/m/mais).

Dale mutet seiner Paramount eine ganze Menge Gewicht zu. Sein Hauptinstrument, ein Celestron-14-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskop, verfügt über ein Zusatzgerät, welches das Licht wahlweise zwei verschiedenen Brennpunkten zuleitet – der eine mit einer CCD-Kamera vom Typ SBIG ST-8E mit Filterrad, der andere mit einem SBIG-Spektrografen mit eigener ST-8E-Kamera ausgestattet. Auf das Celestron-14 sind ein Fünf-Zoll-f/6-Refraktor von Astrophysics und eine SBIG-ST-10XE-Kamera aufgesetzt. Ebenfalls auf die Paramount gepackt sind eine Spektrallampe zur Kalibrierung, mehrere Fokusmotoren und weitere Motoren zur Steuerung des Spektrografen.

Die Paramount stemmt zwei Zentner

Um diesen ganzen Instrumentenpark auszubalancieren, sind eine verlängerte Gegengewichtsachse sowie fünf Gewichte von je zehn Kilogramm erforderlich. Inklusive der Gegengewichte hängen meiner Schätzung nach fast hundert Kilogramm an dieser Paramount und dennoch bewegt sie die Last ohne Probleme.

Um die Helligkeit der von Dale untersuchten Sterne zu messen, sind Belichtungszeiten von meist nur zwanzig bis dreißig Sekunden erforderlich – kein Bedarf also, den periodischen Nachführfehler der Montierung per Software zu minimieren. Benötigt er doch längere Belichtungszeiten für die Aufnahme von Spektren, benutzt Dale die Autoguiding-Einrichtung des SBIG-Spektrografen.

Seine CCD-Kameras steuert Dale mit CCDSoft und automatisiert einen Großteil seines Beobachtungsprogramms mit Orchestrate. Die seiner Auskunft nach leicht benutzbare Software verfügt über eine Reihe einfacher Programmbefehle, etwa für das Pointing des Teleskops oder die Auswahl des Filters und der Belichtungszeit. Dales Aufbau aus mehreren CCD-Kameras umfasst auch vier vernetzte Computer, die im Observatorium nebeneinander aufgebaut sind. Zwar

könnte er das System auch von seinem dreißig Meter entfernten Haus aus betreiben, doch Dale meint, der »Ruf der Sterne« sei so laut, dass es ihn bei ihrer Beobachtung nicht in geschlossenen Räumen hält. Vielleicht hört er ihn auch deswegen so gut, weil die Temperaturen in seiner Beobachtungsstation kaum je an den Gefrierpunkt heranreichen und meist erheblich darüber liegen.

Doch auch für unsereins, die wir nicht immer mit gutem Wetter gesegnet sind, muss schlechte Sicht kein Hindernis sein. Als vor einiger Zeit einer der stärksten Winterstürme der letzten Jahre entlang der Ostküste in Richtung Boston, Massachusetts, tobte, griff ich zu einem kleinen Trick – und zum Telefon.

Denn mehrere tausend Meilen entfernt, auf dem 2225 Meter hohen Gipfel des Mount Joy in den Sacramento Mountains in New Mexico, betreiben Mike und Lynn Rice das »New Mexico Skies Guest Observatory«, eine der am besten ausgestatteten Feriensternwarten des Landes (www.nmskies.com). Die Rices haben dort ein großes, vollautomatisiertes Observatorium mit Rolldach errichtet. Derzeit beherbergt es drei Paramount-Montierungen mit 14-Zoll-f/11-Celestron-Schmidt-Cassegrain-Teleskopen und CCD-Kameras.

Von jedem Ort der Welt aus können diese Instrumente über eine Internetverbindung und einen Standard-Browser gesteuert werden. Während des vergangenen Jahres haben Studenten von allen Kontinenten aus mehr als 15000 Bilder mit ihnen gemacht.

Auch ich reservierte also eines der Teleskope, um meine Paramount-Tests zu vertiefen. Zum verabredeten Zeitpunkt machte ich es mir vor dem Computer bequem. Das mir zur Verfügung gestellte Teleskop war mit einer SBIG-ST-1001E-CCD-Kamera ausgestattet, die ein quadratisches Gesichtsfeld mit einer Kantenlänge von 21 Bogenminuten liefert und auf die Erzeugung von 512-Kilobyte-Bildern eingestellt war.

BEIDE BILDER: MICHAEL RISCH

Hightech-Sternwarte auf der Nordseeinsel Wangerooge

Seit letztem Jahr sammeln Schüler in diesem Schullandheim mit jährlich 18000 Übernachtungen erste Erfahrungen mit einer vollautomatischen Paramount-Montierung.

Flucht aus Massachusetts

Allerdings zogen auch in New Mexico Wolkenfelder über den Himmel, ich musste also auf wolkenfreie Himmelsgegenden zielen. Obwohl ich am anderen Rand des Kontinents saß, war das ganz einfach, denn parallel zum Browser-Fenster für die Teleskop- und Kamerasteuerung zeigte ein weiteres Fenster Wetterinformationen sowie ein aktuelles Kamerabild des Himmels über New Mexico. In einem dritten Fenster verfolgte ich die von einer Webcam aufgenommenen Bewegungen des Teleskops.

Bald fand ich heraus, dass jedes angefahrene Objekt praktisch im Zentrum des Gesichtsfelds landete; eine kurz belichtete Aufnahme zur Kontrolle des Bildausschnitts war überflüssig. Meistens schwenkte ich direkt zum Zielobjekt und startete sofort eine drei- oder fünfminütige Belichtung. Im Laufe dreier Stunden machte ich Dutzende von Aufnahmen. Nur auf dreien von ihnen erschienen die Sterne nicht punktförmig und meine Erfahrung sagt mir, dass dafür eher Windböen als Nachführfehler der Paramount verantwortlich waren.

Lassen Sie Ihrer Fantasie freien Lauf

Die Paramount ME ist ein einzigartiges Stück Ausrüstung für den Amateurastronomen. Mit einem solchen voll automatisierten Instrument lässt sich praktisch jede Idee realisieren, die einem einfallen kann. Suchprojekte für Kleinplaneten, Kometen, Supernovae und veränderliche Sterne sind besonders nahe liegend, selbst Programme an vorderster Forschungsfront wie das von Dale Mais sind möglich.

Für die Amateure ist dies der Aufbruch ins 21. Jahrhundert: Auch wenn uns die elitäre Welt der Großteleskope weiterhin unzugänglich bleiben wird, können wir nun – vorausgesetzt, wir wollen uns diesen Luxus leisten – unsere ganz persönlichen Lieblingsprojekte verwirklichen. <<

Dennis di Cicco ist Redakteur bei S&T.

Paramount GT-1100 ME von Software Bisque

Was uns gefiel:

> Hervorragendes mechanisches Design und Konstruktion
> Unübertroffene Nachführgenauigkeit

Was uns weniger gefiel:

> Bedienungsanleitung ist noch unvollkommen

Eigenschaften und Funktion:

> Paramount GT-1100 ME (Millennium Edition)
> Schwere Deutsche Äquatoriale Montierung für automatisierte CCD-Beobachtung
> Preis: 12500,–€
> Hersteller: Software Bisque (www.bisque.com), Europavertrieb durch Baader Planetarium, Tel.: +49 (8145) 8802 (www.baader-planetarium.de)

Das 30-Euro-Stativ

Dieses Stativ der »Marke Eigenbau« übertrifft seine doppelt so schweren kommerziellen Geschwister in vielerlei Hinsicht.

>> Gary Seronik

Nach langer Suche wurde meine Jagd nach einem größeren optisch hervorragenden Teleskop vor einiger Zeit endlich von Erfolg gekrönt. Ich erstand ein Sechs-Zoll-Quantum-Maksutov-Cassegrain-Teleskop. Nur einen kleinen Schönheitsfehler hatte es – es gab kein Stativ dazu. Für meine Bedürfnisse war aber ein Stativ mit Polhöhenwiege unerlässlich. Was also sollte ich tun? Der einfachste Weg war, ein Stativ eines Acht-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskops entsprechend anzupassen. Mit dieser Lösung war ich allerdings schnell unzufrieden, denn sie neigte zu Vibration und Durchbiegung. Damit erwies es sich bei den hohen Vergrößerungen, die ich für Planetenbeobachtung und Mondfotografie benutze, als ungeeignet. Ich dachte mir: Das kann ich besser!

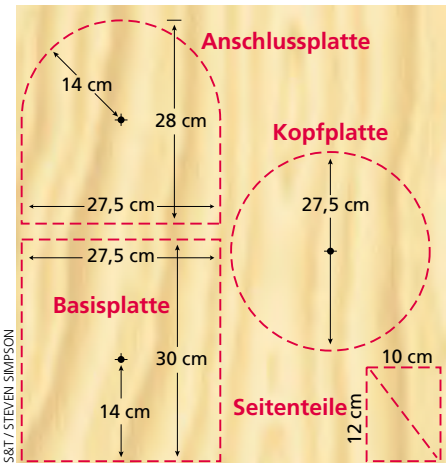
FOTOS: CRAIG MICHAEL UTTER

»Eins für alle« ist die Lösung.
Ein 6-Zöller (großes Bild) und ein 8-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskop (kleines Bild rechts) passen ebenso auf das Selbstbaustativ wie das winzige 3,5-Zoll-Questar (kleines Bild links).

Die meisten Probleme, die ich beim ersten Versuch hatte, ließen sich auf das Design des Dreibeins und der Breitenverstellung der Polwiege zurückführen. Für solche Stative gibt es zwei Arten von Beinen – solche mit geradem und solche mit dreieckigem Profil. Die Stabilität gerader Beine wird hauptsächlich durch die Festigkeit des Materials gegenüber verbiegenden Kräften bestimmt. Sie sind umso stabiler, je dicker und je schwerer sie sind. Da aber mein Quantum bereits genug Gewicht auf die Waage brachte, verzichtete ich lieber auf diese Möglichkeit. Dreieckige Beine hingegen sind schon auf Grund ihrer Form schwer zu verbiegen. Man kann damit sehr leichte und stabile Stative bauen. Daher schien mir ein Modell mit steifen dreieckigen Beinen die ideale Kombination aus Gewicht und Stabilität zu sein.

Der zweite Punkt, der meine Absicht torpedierte, war die Durchbiegung der Polwiege. Diese kann auf die jeweilige geografische Breite eingestellt werden, sodass das Stativ für einen großen Breitenbereich einsetzbar ist. Da ich mit dem Stativ aber nicht in Urlaub fahren wollte, verzichtete ich auf dieses Merkmal. Stattdessen setzte ich auf die höhere Stabilität und Festigkeit einer fest montierten Platte. Die fixierte Polwiege auf einem steifen Dreibein ist die Basis für das hier beschriebene Stativ.

Das Quantum-6 wird mit drei Schrauben am Polkopf befestigt. Wird der blaue Knopf zuerst in die Basis des Quantum geschraubt, kann das Teleskop einfach mit dem Polkopf verbunden werden, bevor man die anderen beiden Schrauben einsetzt (links). Lockert man die zentrale Flügelmutter, kann der Polkopf zur Ausrichtung auf den Pol bewegt werden. Beachten Sie die beiden weißen Stöpsel, die das Questar bei dessen Montage richtig positionieren (rechts).



S&T / STEVEN SIMPSON

Da ich handwerklich nicht sehr begabt bin, war mir eine gewisse Einfachheit im Design besonders wichtig. Angenommen ich befinde mich in Frankfurt/Main, also bei fünfzig Grad nördlicher Breite, dann muss die Neigung der Polhöhenwiege vierzig Grad betragen, und es ist relativ einfach, einen solchen Winkel auszusägen. Für mich war die präzise polare Ausrichtung nicht besonders wichtig, weil ich das Quantum nicht für Langzeitbelichtungen nutzen wollte. Andererseits konnte ich die kleine Winkeldifferenz auch recht einfach durch eine Verlängerung des südlichen Standbeins ausgleichen (siehe Kasten unten).

Die Abmessungen meines Stativs wurden vor allem von der Basis des Quantums, die einen Durchmesser von 26 Zentimetern hat, bestimmt. Es ist wichtig, den Stativkopf so zu gestalten, dass sich der Schwerpunkt des Fernrohrs ziemlich genau über der Mitte des Stativs befindet.

Sperrholz für die Polwiege

Die Polhöhenwiege besteht aus nur vier Teilen, die alle aus zwanzig Millimeter dickem Sperrholz gefertigt wurden: Eine rechteckige Basisplatte, zwei seitliche Dreiecke und eine Anschlussplatte. Die schwerste Aufgabe war es, die Anschlussplatte auszusägen. Um das Quantum daran montieren zu können, musste sie abgerundet werden. Die Kante, die auf der Basisplatte aufliegt, musste zudem mit einem Vierzig-Grad-Winkel angeschrägt sein. Die dreieckigen Seitenteile entstanden aus einem einzigen rechteckigen Teil, das ich schräg zersägte.

Während des Zusammenbaus der Polhöhenwiege fiel mir auf, dass es sinnvoll wäre, einige zusätzliche Löcher zu bohren. Mit deren Hilfe könnte ich später mein Quantum-4, mein 3,5-Zoll-Questar und sogar mein Acht-Zoll-Schmidt-Cassegrain darauf montieren. Also bohrte ich die entsprechenden Löcher für Netzkabel und Befestigungsbolzen. Danach kamen zwei 6,3-Millimeter-Löcher hinzu. Diese waren für die Aufnahme zweier Plastikstöpsel gedacht, die bei der Montage die beiden >

Justieren auf die geografische Breite

Der Winkel des Polkopfs kann variiert werden, indem das nord- oder südwärts gerichtete Bein etwas länger oder kürzer gemacht wird, je nachdem ob die Breite verringert oder vergrößert werden muss. Sie können die Längenänderung mit folgender Formel berechnen:

L = A × D × 0,01511

Hierbei ist A die gewünschte Winkeländerung in Grad und D die Distanz zweier Stativbeine von Spitze zu Spitze.

In Hamburg, bei 53° nördlicher Breite, müsste der Polkopf um 37° geneigt sein. Da er eine Neigung von 40° hat, ergibt sich für A der Wert 3. Sind die Stativbeine vollständig gespreizt, stehen ihre Spitzen 91,4 cm auseinander, das ist D. Mit der Formel berechnet man L = 3 × 91,4 cm × 0,01511 = 4,1 cm. Für die korrekte Polausrichtung muss also das südliche Stativbein 4,1 cm kürzer sein als die beiden anderen. Bei Frankfurt/Main ist die 40°-Wiege perfekt. In München (48°) muss das Bein um 2,7 cm länger sein.

> kleinen Quantums genau über dem zentralen 6,3 Millimeter breiten und fünfzig Zentimeter langen Befestigungsbolzen halten.

Das Dreibein besteht aus zwei Hauptbestandteilen: einer Kopfplatte und einem Satz von Beinen. Die Kopfplatte ist eine Scheibe aus zwanzig Millimeter dickem Sperrholz mit ungefähr 27 Zentimetern Durchmesser. Darunter befinden sich drei je hundert Millimeter lange Holzblöcke im Abstand von 120 Grad. Jeder dieser Blöcke besitzt eine zentrale 9,5-Millimeter-Bohrung. In diese setzen sich die 14 Zentimeter langen Bolzen, mit denen die Stativbeine montiert werden.

Jedes der Stativbeine besteht aus einer leiterartigen Kombination von je zwei zirka 76 Zentimeter langen und knapp vier Zentimeter breiten Holzleisten, die an vier Stellen zusammengeschraubt sind.

Fester Bodenhalt

Im Fuß eines jeden Beins sitzt eine Scheibe mit fünf Zentimetern Durchmesser aus 12 Millimeter dickem Sperrholz, die ich noch von einem anderen Projekt übrig hatte. Wie auf dem Foto oben rechts zu sehen ist, wurden diese Scheiben zwischen die Holzleisten der Stativbeine geschraubt. Die runde Form des Fußes garantiert selbst auf unebenem Gelände einen festen Bodenkontakt. Das Festziehen der unteren Bolzen bringt die geraden Holzleisten in die benötigte dreieckige Form.

Um die Steifheit und den Widerstand gegen Verdrehung noch weiter zu erhöhen, erhielt jedes Bein zwei Klammern.

Drei gleich lange Ketten halten die Beine zusammen. Ringe und Ringbolzen vervollständigen die Konstruktion. Sämtliche Teile lassen sich in jedem Baumarkt finden.

Dazu verwendete ich die gleichen Blöcke wie an der Kopfplatte. Um besser zwischen die Stativbeinstreifen zu passen, mussten diese abgeschrägt werden. Zwar kann man die Abmessungen der Klammern trigonometrisch ermitteln, doch es ist einfacher, ihre Länge und Schräge an den teilweise montierten Stativbeinen auszurichten. Ich maß den Abstand zwischen den Holzleisten der Beine an den oberen und unteren Klammerpositionen und sägte die Teile mit einer Tischsäge zu. Bei der Montage drückte ich die Blöcke dann so weit in die Stativbeine hinab, bis sie fest an ihrem Platz saßen.

Dann wurden sie verleimt und festgeschraubt. Um ein Auseinanderspreizen der Beine zu verhindern, verband ich sie mit drei gleich langen Ketten. Diese befestigte ich mit Ringen an entsprechenden Bolzen.

Nachdem ich sowohl die Polhöhenwiege als auch das Stativ zusammengebaut hatte, musste ich beide nur noch verbinden. Statt sie fest zusammenzuschrauben, baute ich eine kleine Justiermöglichkeit ein. Da die Neigung des Polkopfes festgelegt war, wollte ich zumindest die Polachse im Azimut (in der horizontalen Ebene) ausrichten können. Dazu benötigte ich lediglich eine Schraube, die durch den Pol- und Stativkopf in eine Flügelmutter führte. Indem ich die Schraube festzog, konnte ich den Polkopf in seiner Position fixieren. Das funktionierte recht gut. Doch die Bewegung des Polkopfes war immer noch ruckartig und schwer kontrollierbar, wenn man ihn drehte. Eine Lage steifer Pappe zwischen Pol- und Stativkopf löste das Problem. So konnte ich die Montierung schließlich in ganz kleinen Schritten bewegen, wodurch die Ausrichtung des Quantums auf den Pol viel einfacher wurde.

Ein Ring aus Pappe dient als einfaches Lager zwischen Stativ- und Polkopf für die Azimutbewegung. Eine Schraube, mit der die Position fixiert wird, führt durch Pol- und Stativkopf in eine Flügelmutter an der Unterseite der Kopfplatte.

Die Füße der Stativbeine bestehen aus je einer 12 Millimeter dicken Scheibe mit einem Durchmesser von 5 Zentimetern. Die Beine werden durch einen Bolzen in ihre dreieckige Form gebracht.

Die erste Beobachtungsnacht mit meinem neuen Stativ hätte nicht besser sein können. Trotz seiner Leichtigkeit von nur 4,5 Kilogramm trug es das mehr als dreimal so schwere Quantum ohne Probleme und gab ihm vibrationsfreien Halt. Für ein Projekt, das umgerechnet nur dreißig Euro gekostet hat, kann man sich ein befriedigenderes Ergebnis wohl kaum vorstellen. <<

Der Sky & Telescope-Redakteur **Gary Seronik** ist zwar kein geborener Heimwerker, trotzdem hat ihm die Arbeit an dem 30-Euro-Stativ sehr viel Spaß gemacht. Daher wird er weiterhin Teleskopzubehör aller Formen und Größen bauen.

Ob Sie auf der Suche nach einer Kuppel für Ihre Privatsternwarte sind oder sich nur einen Satz neue Okulare zulegen möchten: Bei ASTRONOMIE HEUTE finden Sie immer eine Auswahl der wichtigsten Neuheiten auf dem Astro-Markt.

Sterne im Spiegel

Sky Mirror

Die Bequemlichkeit dieser Fernglasmontierung lässt sich nur schwer toppen. Sie schauen einfach mit Ihrem Feldstecher aus einer bequemen Sitzposition auf den Spiegel des Sky Mirror und können damit nahezu 75 Prozent des gesamten Himmels überblicken. Spiegellagerung und Befestigungsarm des Fernglases sind justierbar und so ausgelegt, dass der Sky Mirror zu möglichst vielen Fernglastypen bis zu einer 25fachen Vergrößerung passt. Da sich der Beobachter nur wenig bewegen muss, ist das Produkt auch für Rollstuhlfahrer geeignet. Lieferung im Transportkoffer. Preis: 390,– h

www.astrocom.de

Deep Eye

Starlight XPress SXV H9

Nach zwölfmonatiger Entwicklungszeit bringt die Firma Vehrenberg eine neue Megapixel-Kamera mit innovativer USB-2.0-Technologie auf den Markt. Die SXV-H9-CCD-Kamera ist die Nachfolgerin der nun nicht mehr erhältlichen HX916. Ihr Chip zeichnet sich im Vergleich zu Letzterer durch eine deutlich höhere Lichtausbeute aus (Quanteneffizienz: 65% bei 540 nm und 50% bei 656 nm). Ihre spektrale Empfindlichkeit reicht bis in den Infrarotbereich. Auch eine Farbversion (SXV H9C) ist verfügbar. Preis: ab 3799,– h

www.vehrenberg.de

Kuppeln für alle

Ab sofort gibt es von Astrocom eine neue Generation von Sternwartenkuppeln für Privatleute, Schulen und Obser-

vatorien. Mit Durchmessern von 2,3 bis sechs Metern sind diese aus glasfaserverstärktem Kunststoff in isolierender doppelschaliger Sandwichbauweise ausgeführt. Spezialdichtungen schützen optimal gegen Wind und Regen. Preis: ab 4850,– h

www.astrocom.de

Neue Pentax-Okulare

XW- und XO-Serie

Pünktlich zum ATT in Essen stellte die Firma Pentax zwei neue Okularserien vor. Die neuen SMC-Pentax-XW-Okulare vereinen alle Vorzüge der erfolgreichen XL-Serie und bieten noch mehr. So konnte das Eigengesichtsfeld von 65 auf 70 Grad vergrößert werden. Mit dem XW-30 und dem XW-3,5 kommen zudem zwei neue Brennweiten hinzu. Letztere erfüllen den Wunsch vieler Besitzer lichtstarker, kurzbrennweitiger Newtons und Refraktoren, die den Einsatz von Barlowlinsen ablehnen. Dem tragen auch die beiden neuen fotovisuellen XO-Okulare Rechnung, die es bisher nur in den Brennweiten 2,5 und 5 Millimeter gibt. Die aus ED-Lanthan-Glas gefertigten Okulare besitzen eine Transmission von jeweils zirka 98 %. Beide Okularserien sind in allen Pentax-Verkaufsstellen verfügbar. Preise: von 299,– bis 549,– h

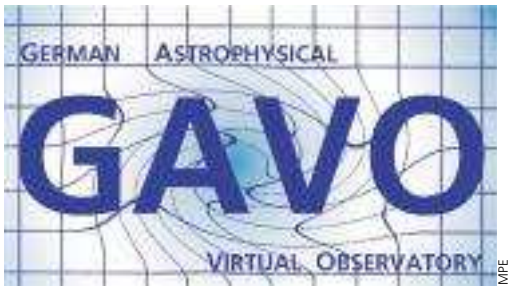
www.telescopes-by-pentax-gmbh.com

Polaris

Drehbare Sternkarte

Auch der Mercedes unter den drehbaren Sternkarten kommt aus Stuttgart. 3000 Objekte sowie eine für alle Breiten zwischen 40 und 60 Grad Nord geltende Verwendbarkeit machen die neue Polaris-Sternkarte aus dem Hause Kosmos zu einem hochwertigen Kartenwerk. Gestaltet wurde sie von Storm Dunlop (Mitglied der Royal Astronomical Society) und dem weltweit bekannten Sternkarten-Illustrator Wil Tirion. Trotz ihrer ungewöhnlichen Größe möchte man sie bald nicht mehr missen. Preis: 49,90 h

www.kosmos.de



MPE

Die Matrix der astronomischen Daten

Wer hat was wann bei welcher Wellenlänge beobachtet? Die weltweite Web-Sternwarte soll in Zukunft die Antwort darauf geben.

>> Wolfgang Voges

Alle Theorie bleibt Spekulation, bis sie von Beobachtungen gestützt oder widerlegt wird. Die komplexen physikalischen Prozesse im Universum erfordern eine lückenlose Überwachung der Objekte in mehreren Frequenzbereichen gleichzeitig – und damit von verschiedenen Satelliten und Sternwarten aus. Doch wie sollen die Forscher anschließend die Daten finden und zusammentragen? Mit einer Art Astro-Google?

Es leuchtet ein, dass nur internationale Bestrebungen mit enormen Anstrengungen von Wissenschaftlern, Computer- und Netzwerk-Fachleuten eine Verbesserung des Datenchaos bewirken können. Dazu muss eine einheitliche Sprache mit all ihren Begriffen und Regeln festgelegt werden, die es den Forschern erlaubt, die unterschiedlichsten Informationen aus allen Wellenlängen vom Radio- bis zum Gammabereich, aber auch die Ergebnisse von Modellrechnungen einheitlich zu speichern, zu verwalten, zu bearbeiten und dem Benutzer leicht zugänglich zu machen.

Die Experten schauen hier also nicht mit einem Teleskop an den Himmel, sondern mit einem »Metabrowser« in die Datenbanken – daher der Name des Vorhabens: »Astrophysikalisches virtuelles Observatorium« Avo oder kurz: VO.

Output und Input für jedermann

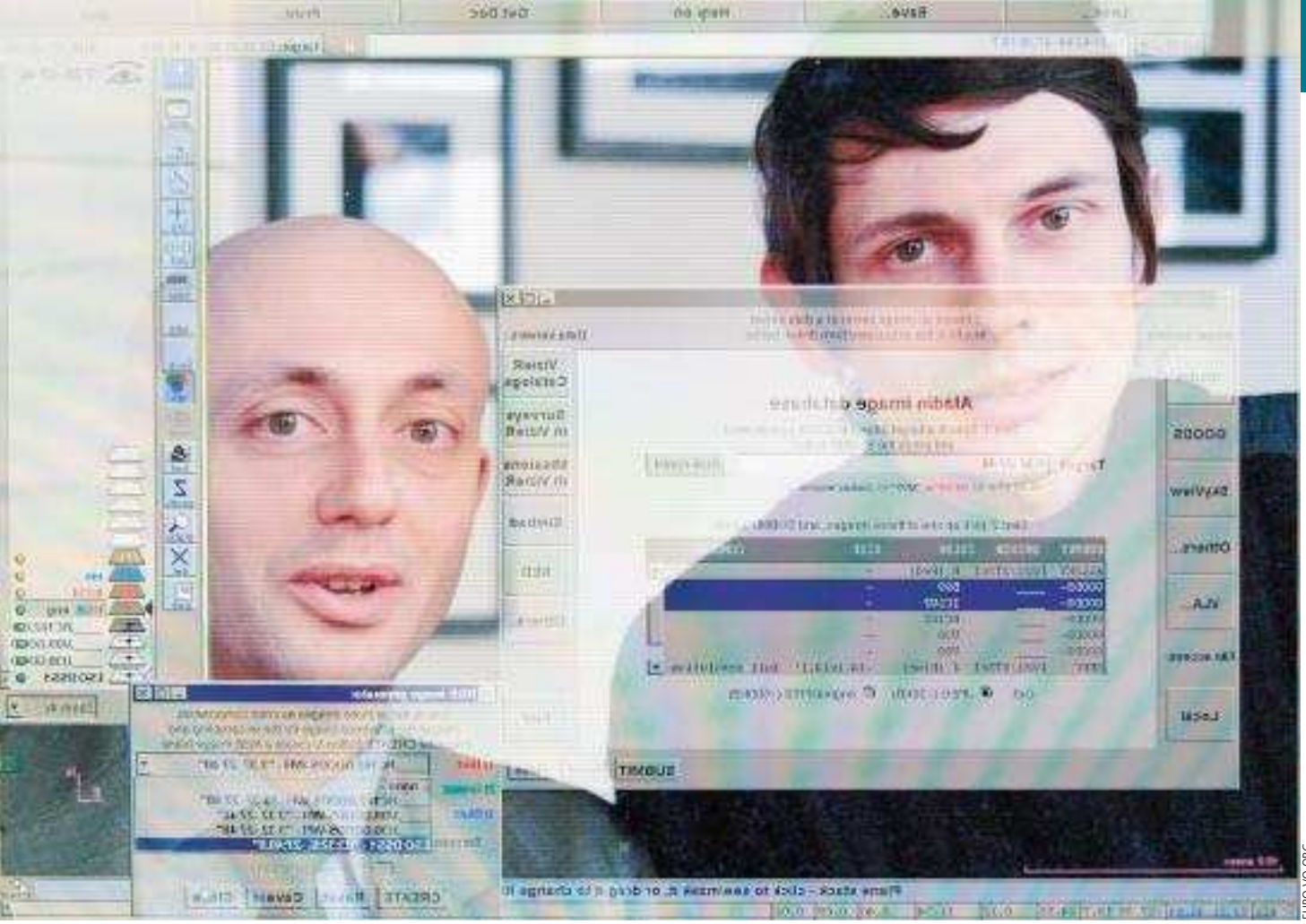
Auf der Hauptversammlung der Internationalen Astronomischen Union IAU in Sydney stellten Vertreter des kanadischen und deutschen Projekts für die im Juni 2002 gegründete »Ivoa«, der Internationalen VO-Allianz, eine erste Demonstration vor. Anhand von Daten des deutschen Röntgensatelliten Rosat wurde der große Vorteil des Avo gegenüber früheren Anwendungen erläutert: Der Benutzer muss nicht mehr alle Details der jeweiligen Datensätze kennen, um sie nach eigenen Wünschen weiter analysieren, kombinieren oder darstellen zu können. Durch die neue, vereinheitlichende Art der Speicherung, Dokumentation und Kalibrierung wird dem Forscher viel Arbeit abgenommen, das zeitaufwändige Lesen von Dokumentationen der den Informationen eigenen Besonderheiten ist nicht mehr notwendig.

Diese neue Art des Datenmanagements gibt aber nicht nur Wissenschaftlern, sondern auch interessierten Laien und Amateurbeobachtern die Möglichkeit, sich in der Datenflut zu tummeln und alles verfügbare Wissen über ein Lieblingsobjekt oder eine Himmelsregion in Erfahrung zu bringen. Bereits im August sollen einige Funktionen über die Webseiten zur Verfügung stehen.

In der Vergangenheit wurden die meist an erdgebundenen Teleskopen aufgezeichneten Daten entweder gar nicht oder nur in spärlich dokumentierter und unvollständig aufbereiteter Form archiviert. Damit liegen diese wie auf einem Datenfriedhof und sind für die Nachwelt

EURO-VO.ORG

Das Euro-VO-Projekt hat Partner in Großbritannien, Frankreich und Deutschland. Das deutsche virtuelle Observatorium »Gavo« oder »G-VO« wird vom Astrophysikalischen Institut Potsdam (AIP), der Hamburger Sternwarte und den Max-Planck-Instituten für extraterrestrische Physik (MPE) und Astrophysik (MPA) entwickelt. Es wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).



EURO-VO.ORG

Zwei Architekten der virtuellen Sternwarte bei der Optimierung der Benutzeroberfläche: Marco Leoni (links) und Markus Dolensky von der Eso.

kaum weiter nutzbar. Die VO-Gemeinschaft fordert deshalb alle Teleskop-Betreiber auf, ähnlich wie bei Weltraumprojekten schon länger üblich, zukünftig ihre Daten VO-konform aufzubereiten, zu speichern und zu dokumentieren.

Das deutsche Gavo-Team, bestehend aus drei hauptamtlichen Mitarbeitern und einer Reihe weiterer Wissenschaftler und Techniker, hat sich zur Aufgabe gemacht, zunächst einmal Daten aus dem optischen und Röntgenbereich sowie aus Simulationen zu archivieren und verfügbar zu machen. Ist einmal genügend Erfahrung bei der »Publikation« von Informationen in den Datenpool vorhanden, soll diese an andere deutsche astronomischen Einrichtungen weitergegeben werden, um auch diesen das Einbringen ihrer Datensätze zu erleichtern.

In einem Jahr verdoppelt sich der Bestand an astronomischen Daten dank Riesenteleskopen wie denen des VLT (unten). Die Rechnerleistung verdoppelt sich aber »nur« alle 20 Monate. Straffe Organisation der Informationen wird also zur Pflicht.

EURO-VO.ORG

Außerdem ist eine Suchmaschine in Planung, mit der die verschiedenen Datenarchive nach Objekten durchsucht werden können, die ein besonderes Merkmal oder Muster aufzeigen oder ganz bestimmte Eigenschaften in den einzelnen Wellenlängenbereichen besitzen. Hier sind der Fragestellung keine Grenzen gesetzt und es ist zu erwarten, dass auch der unbefangene Schüler oder Amateurastronom wissenschaftliche Entdeckungen machen wird. <<

Wolfgang Voges vom MPE ist der Gavo-Projektleiter. Davor war er zuständig für das Rosat-Standard-Analyse-Software-System und die Erstellung der Röntgenkataloge aus der Rosat-Durchmusterung.

Weblinks

www.g-vo.org • www.euro-vo.org • www.ivoa.net

Ihr persönlicher Himmelskalender

CalSKY – der berechnete Himmel – hat das Zeug zum »Schweizer Offiziersmesser« für jeden Online-Astronomen.

>> Oliver Dreissigacker

Arnold Barmettler ist Gründungsmitglied von »astro!nfo«, einer Gruppe ambitionierter Amateurastronomen und Wissenschaftler, die sich bereits 1990 die elektronische Verbreitung von astronomischem Wissen auf die Fahnen geschrieben hat. Mit dem Aufkommen des WWWs nahm der Ingenieur ein ehrgeiziges Projekt in Angriff: ein stets aktuelles internetbasiertes Jahrbuch. Das Ergebnis: calsky.com!

Auch wenn Barmettler neben seiner Doktorarbeit an der Universität Zürich über flugzeug- und satellitengestützte abbildende Radarsysteme noch an zahllosen Erweiterungen arbeitet, sucht der Funktionsumfang von »CalSKY« schon jetzt seinesgleichen.

Mittlerweile auch weitestgehend in deutscher Sprache, informiert die Website laufend aktualisiert über Satellitenüberflüge, Raketenstarts, Sternbedeckungen, Kometen, TV-Sendungen, Star Partys, neu entdeckte Asteroiden und sogar über Polarlichtaktivität in der Umgebung.

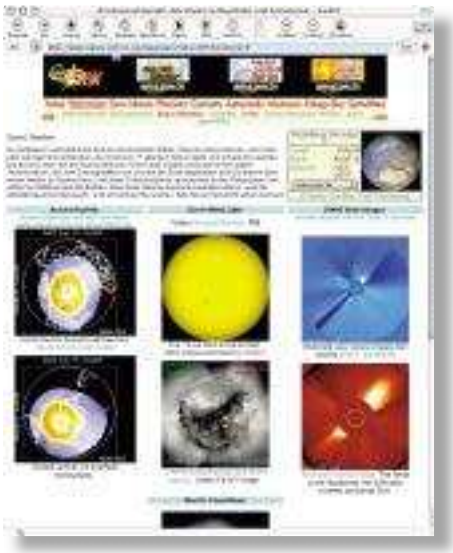
Aus alldem stellt CalSKY dem Beobachter für seinen Standort einen Astrokalender zusammen: Aus vielen tausend Einträgen für jeden Tag werden die den Benutzer interessierenden Ereignisse herausgesucht und auf einer einzigen Internetseite angezeigt. Dieser Kalender lässt sich sogar zum Mitnehmen in Outlook oder für Handhelds (PDAs) exportieren.

Der Einsteiger ist von der Fülle an Daten, die CalSKY zur Verfügung stellen kann, schnell überfordert. Deshalb bietet die Willkommensseite ein Pull-Down-Menü, mit dem man das gewünschte fachliche Niveau auswählen kann. Auch Neulinge können sich so nach und nach in den Datenreichtum vortasten. Den ausgezeichneten Illustrationen tut dies keinen Abbruch: Die Ansichten der Sonne beispielsweise zeigen die Flecken, wie sie aktuell zu sehen sind – täglich wird ein neues Bild erstellt und das Archiv reicht bis ins Jahr 1995 zurück. Bei Jupiter ist natürlich der Große Rote Fleck immer an der richtigen Position zu finden, genauso wie die Schatten der Galilei'schen Monde sowie die vier Monde selbst. Bei Mars zeigt die Darstellung auch die ungefähre Ausdehnung seiner Polkappen. Auf den Karten von Erdmond und Mars sind mit einem Mausklick über dreitausend Namen von Oberflächenmerkmalen wie Kratern, Bergen, Canyons und Meeren abrufbar.

Neben der exakten Planung von Deep-Sky-, Sonnen- und Mondfinsternisbeobachtungen eignet sich CalSKY hervorragend, um sich schon tagsüber auf das Betrachten unseres roten Nachbarplaneten in diesem Sommer vorzubereiten: Das Koordinatennetz lässt sich ein- oder ausblenden und die Darstellung kann gespiegelt oder gedreht werden, um dem Anblick in den verschiedenen Teleskoptypen zu entsprechen.

In Zukunft soll dies noch um einen interaktiven Teleskopsimulator ergänzt werden, mit dem sich auch der Einsatz verschiedener Filter durch eine wählbare Teleskop-Okular-Kombination vorab online testen lässt. <<

calsky.de und calsky.com erraten den Standort des Besuchers aus dessen IP-Adresse oder entnehmen die manuell eingegebene Position einem gesetzten »Cookie«.



Den Weltraumwetterbericht (links) findet man bei CalSKY ebenso, wie nach Satellitenbildern berechnete Ansichten der Erde – inklusive Finsternispfaden. Realitätsnahe Ansichten von Sonne, Mond und Planeten wie hier des Mars (rechts) fehlen genauso wenig.

Oliver Dreissigacker ist Redakteur bei ASTRONOMIE HEUTE, Internetexperte und seit über zehn Jahren »Astronaut im Cyberspace«.

Rudolf Kippenhahn

Kosmologie für die Westentasche

Piper Verlag, München 2003,
127 S. mit 37 Abbildungen; 9,90 €

Westentaschen-Kosmos

Wenn der Astrophysiker Rudolf Kippenhahn als Titel seines neuesten Buches zu einem »Oxymoron« greift, dann besteht Schmunzelverdacht. Ein Oxymoron vereint für gewöhnlich Unvereinbares wie etwa einen eckigen Kreis oder eben die »Kosmologie für die Westentasche«.

Ob das gut geht: die Lehre vom Großen und Ganzen in ein kleines Täschchen zu packen? Sind all die riesigen Fragen, die der Kosmos uns stellt, wirklich mit kurzen Texten erschöpfend zu beantworten?

Auch der erfahrene Sachbuchautor Kippenhahn zweifelte zuerst, »ob sich das Thema in einer Westentaschenreihe zufrieden stellend behandeln lässt«. Doch was danach folgt, sind fünfzig kurz und bündig umrissene Themen, die jeden Laien prägnant und griffig in das Kaleidoskop der astronomischen Fragen, Objekte und kosmologischen Weltbilder einführen. Wie fern sind Sterne? Warum entfliehen alle Galaxien? Wo ist das Universum entstanden? Woher stammen die ersten Elemente? Wie alt ist das Weltall? Gibt es fremde Universen?

Das handlich schmale Bändchen tut dies selbst bei scheinbar banalen Themen so, dass der Leser sich – auch wenn er sich gelegentlich schon kundig glaubt – dieses oder jenes noch einmal zu Gemüte führt. Kippenhahn weiß, mehr vielleicht als andere Astroautoren, die reine Wissenschaft unterhaltsam zum Schicksal des Menschen und zu seinem historischen Hintergrund in Beziehung zu setzen.

»Tatsächlich erfasst die Naturwissenschaft nur einen kleinen Teil unseres Lebens«, schreibt Kippenhahn am Ende seines vergnüglichen Parcours und spricht dort dann auch das Verhältnis von Wissenschaft und Glaube an: »Es sind die Religionen, die Antworten geben. Das Wissen um Naturgesetze wird in ihnen ersetzt durch den Glauben an Dinge, die nicht bewiesen werden müssen. Diese Welt benötigt der Mensch vielleicht mehr als die der Naturwissenschaftler.« Viele Missverständnisse ließen sich vermeiden, wenn solche Sätze mehr beherzigt würden. >> Reinhard Breuer

DVD / Video:

Der Weltraum –
Von Urknall, Schwarzen Löchern und fremden Welten

polyband 2003, Laufzeit: ca. 190 Min.; 25,– €

BBC-Doku

Der Name BBC steht, wenn es um Dokumentarfilme geht, synonym für hohe Qualität. Entsprechend groß waren meine Erwartungen an die DVD »Der Weltraum«, einer von der British Broadcasting Corporation produzierten Einführung in die Geheimnisse des Weltalls.

Schon der erste optische Eindruck ist positiv. Wie nur wenige Special-Edition-DVDs ist diese im Digipak, also im Hochglanzkarton-Schuber, erhältlich, auf dem erste wunderschöne Motive dem potenziellen Käufer einen Vorgeschmack auf das geben, was ihn erwartet.

Die DVD besteht aus drei sechzig Minuten langen Episoden, die vom »Jurassic Park«-Darsteller Sam Neill präsentiert werden. Beschäftigt sich die erste mit den Fragen, woher wir kommen und ob es außer uns noch anderes Leben geben kann, so handelt die zweite Episode von »kosmischen Killern« wie Kometen, Asteroiden und Schwarzen Löchern. Die Zukunft der Sonne ist schließlich Thema des dritten Teils.

Beeindruckende Bilder und Forscher-Interviews runden das Bild ab. Dabei greifen die Produzenten auf bestehendes Filmmaterial sowie Computeranimationen zurück.

Doch auch der Spaßfaktor kommt nicht zu kurz: Oft werden zur Veranschaulichung amüsante Vergleiche gewählt, etwa wenn das Schicksal der Menschheit mit dem Glücksspiel an einem einarmigen Banditen verglichen wird.

Dass die Zerstörung der gesamten Menschheit durch kosmische Killer sehr detailliert beschrieben wird, könnte den einen oder anderen zart besaiteten Zeitgenossen abschrecken. Dabei sollte man allerdings nicht vergessen, dass uns die Sonne erst in einigen Milliarden Jahren gefährlich wird und nicht jeder Asteroideneinschlag gleich die gesamte Erde unbewohnbar macht (siehe »Global Killers«, S. 20).

Sehr ansprechend ist das Menü dieser DVD: Kleine Animationen führen zu den einzelnen Programmpunkten. Außerdem besteht die Möglichkeit, sich den Film als Ganzes oder in Einzelteilen anzusehen. Hierzu wurden die drei Episoden, die es übrigens auch jeweils auf einer Videokassette gibt, noch einmal in sechs Abschnitte unterteilt. Leider existiert nur eine deutsche Sprachversion.

Einen dicken Pluspunkt gibt es auch für das Bonusmaterial. Neben einer Fotogalerie befindet sich auf der DVD ein ausführliches »Making of« auf Englisch mit Untertiteln sowie drei kleine Filme vom Set. Alles in allem also eine sehr gelungene Dokumentation, die sowohl Fortgeschrittene als auch interessierte Laien anspricht. >> Corinna Karow

Sebastian von Hoerner
Sind wir allein?
SETI und das Leben im All

Verlag C. H. Beck OHG, München 2003,
221 S. mit 30 Abbildungen und 7 Tabellen;
12,90 €

Sind wir allein im All?

Die Zeiten, in der sich der Mensch einbildete, das Maß aller Dinge zu sein, sind längst vorbei. Vor 450 Jahren verbannte Kopernikus die Erde aus dem Mittelpunkt des Universums, indem er das geozentrische Weltbild durch das heliozentrische ersetzte. Unsere Sonne wiederum schwirrt als einer von vielen Milliarden Sternen durch das Milchstraßensystem. Und dass unsere Galaxis nicht das ganze Universum ist, wissen wir seit rund hundert Jahren. Die Wissenschaft hat die Menschheit vom Sockel der Anthropozentrik gestürzt und in den Staub der kosmischen Bedeutungslosigkeit gestoßen.

Na ja, noch nicht ganz. In einer Hinsicht kann sich der Mensch noch als Krone der Schöpfung fühlen: Außer der Erde ist uns bislang kein anderer Planet bekannt, auf dem Leben existiert. Allerdings sind in den letzten Jahren mehr als hundert Planeten entdeckt worden, die nicht um unsere Sonne, sondern um andere Sterne kreisen. Ob auf ihnen Leben – womöglich sogar intelligentes – existiert, das steht noch in den Sternen.

Die systematische Suche nach extraterrestrischem Leben – kurz »Seti« (»Search for Extraterrestrial Intelligence«) – begann 1960 mit dem »Projekt Ozma« in Green Bank, West Virginia. Der Autor des vorliegenden Buches, Sebastian von Hoerner, kam nach seiner Habilitation an der Universität Heidelberg nach Green Bank. Begeistert wirkte er an Seti mit – nicht als Beobachter, sondern als Theoretiker. Neben seinen kosmologischen Arbeiten und seinen wegweisenden Beiträgen zum Entwurf von großen Radioteleskopen veröffentlichte er rund zwanzig Arbeiten zum Thema. Seine persönlichen Erfahrungen mit diesem Forschungsgebiet machen denn auch den besonderen Charakter dieses Buches aus.

So ist »Sind wir allein?« nicht nur eine Einführung in die Grundlagen der Suche nach Außerirdischen, sondern auch ein sehr persönlicher Bericht eines renommierten Kosmologen, der das Forschungsgebiet, über das er erzählt, maßgeblich mitbestimmt hat.

Von Hoerners Vermächtnis

Nach einem einleitenden Kapitel und der Darstellung astronomischer Grundlagen schätzt der Autor die Chancen für die Existenz anderer technisierter Zivilisationen ab. Er berichtet über die Eigenheiten und die Entstehung irdischen Lebens und diskutiert, was denn eigentlich die »Intelligenz« des Lebens ausmacht. Spätestens hier entwickelt sich bei von Hoerner die Suche nach außerirdischer Intelligenz zu einer Suche nach uns selbst. Wenn der Leser in den eher technischen Kapiteln über die – bisher vergeblichen – Versuche der Radioastronomen liest, künstliche Signale im All zu entdecken, wird auch manchem Skeptiker klar, dass erst der Blick nach außen eine neue Sicht auf die Erde und unser Dasein ermöglicht.

Sebastian von Hoerner hat mit diesem Buch gewissermaßen auch ein Vermächtnis hinterlassen. Kurz nach Vollendung des Manuskripts ist er am 7. Januar 2003, im Alter von 83 Jahren, in Esslingen gestorben.

>> Uwe Reichert

ANZEIGE

Marsmärchen

Die auffälligen Strukturen auf der Oberfläche des Roten Planeten gaukelten manchem einst ein monumentales Gesicht vor. »Pyramiden« in der Nähe ließen sie noch rätselhafter erscheinen.

>> E. C. Krupp

Mars setzt im August sein Jahrhundertgesicht auf. Am 28. des Monats wandert der Rote Planet in die Opposition. Von unserem Standpunkt aus gesehen – die Erde wird genau auf einer Linie zwischen Mars und Sonne liegen – stehen sich die beiden Himmelskörper dann genau gegenüber. Im selben Moment, in dem die Sonne hinter dem Horizont verschwindet, wird der Mars am Nachthimmel aufgehen und in den frühen Abendstunden niedrig im Südosten zu sehen sein (siehe AH Juli/August 2003, Seite 48).

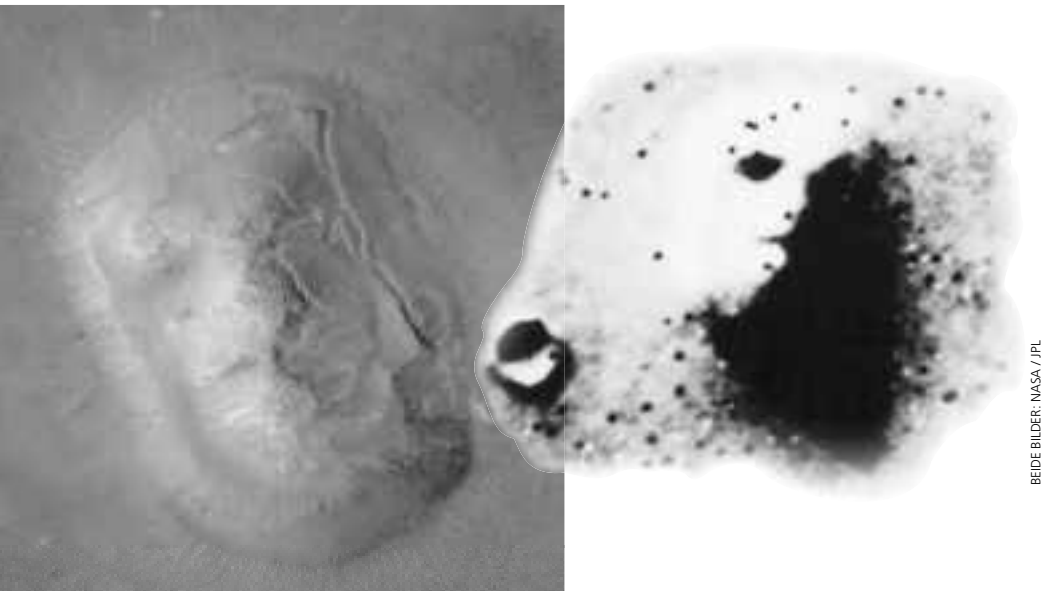
Etwa alle 780 Tage wiederholt sich dieses Ereignis. Während einer Marsopposition kommen wir unserem Nachbarplaneten am nächsten und haben den besten Blick auf ihn. Manche Oppositionen sind für die Beobachter auf der Erde allerdings vorteilhafter als andere: Bei diesen regelmäßigen Annäherungen kann die Entfernung bis zu hundert Millionen Kilometer betragen oder auch nur rund 56 Millionen Kilometer. In diesem Jahr haben wir Glück: Mars wird sich uns bis auf 55 758 006 Kilometer nähern. So nah war er seit dem mittleren Paläolithikum nicht mehr, als er bei seiner Reise über den Nachthimmel noch von Neandertalern bewundert wurde!

Fehlleistung des menschlichen Gehirns

Auffällige Merkmale der Marsoberfläche haben vor über dreißig Jahren einige Zeitgenossen endgültig davon überzeugt, dass dort einst hoch entwickelte Außerirdische ihre Spuren hinterließen. Das »Gesicht auf dem Mars« etwa – eine monumentale landschaftliche Sehenswürdigkeit auf rotem Marsboden – soll vor Hunderttausenden von Jahren aus einem natürlichen Hochplateau gemeißelt worden sein.

Am 25. Juli 1976 – fünf Tage, nachdem das Viking-1-Landegerät wohlbehalten auf der Marsoberfläche angekommen war – machte die Viking-1-Raumsonde den Schnappschuss, der das »Gesicht« weltberühmt machte. Bei seiner Entdeckung wirkten einige zufällige Umstände und der Hang des menschlichen Gehirns, auch in Unbekanntem stets bekannte Strukturen entdecken zu wollen, zusammen. Schatten, die von der niedrig stehenden Sonne geworfen wurden, und die vergleichsweise geringe Bildqualität gaukelten manchem von uns vor, ein Mann im Mars würde tatsächlich in unsere Richtung starren.

Die eine Hälfte des menschlich anmutenden Gesichts blieb im Schatten verborgen, doch die tiefe Höhle des rechten Auges, seine schmale Nase und sein Mund traten deutlich hervor. Seine Überzeugungskraft gewann das »Gesicht« auch daraus, dass es einen Haaransatz, ein Nasenloch und sogar ein Grübchen am Kinn erahnen ließ. Diese aber waren alles Artefakte, also keine Eigenschaften einer möglicherweise modellierten Land-



BEIDE BILDER: NASA / JPL

Ein »Gesicht« auf unserem Nachbarplaneten schien die Viking-1-Sonde fotografiert zu haben (rechts). Bessere Aufnahmen derselben Region – von der Raumsonde Mars Global Surveyor im Jahr 2001 geschossen (links) – zeigen eine zwar auffällige, doch sicher nicht künstlich modellierte Formation.

Spekulative Theorien werden zuweilen sogar auf Briefmarken verewigt. Auf der Marke der Karibikinseln Antigua und Barbuda (links) ist der Wissenschaftsjournalist Richard Hoagland dargestellt, der unter anderem behauptete, Hinweise auf Marsmammuts gefunden zu haben. Rechts ein Sammlerstück der Republik Malediven.

E.C. KRUPP

schaft, sondern schlicht fehlerhafte Stellen der Aufnahme.

In der Breite misst das in der Cydonia-Region des Mars gelegene Gesicht zwei Kilometer und hat vom Scheitel bis zur Kinnspitze eine Länge von 2,5 Kilometern. Damit ist es um ein Vielfaches größer als jedes künstlich geschaffene Monument auf der Erde und seine Erschaffung wäre in der Tat eine beeindruckende Leistung.

Wissenschaftler, die die Marsoberfläche erforschten, brachten ihm allerdings nur mäßiges Interesse entgegen. Die US-Zeitschrift »Ancient Astronauts« jedoch, ein Magazin, das sich mit Astronauten im Altertum beschäftigte, sah darin eine Sensation. In seiner Januar-Ausgabe von 1977 präsentierte es die »Pyramiden«, die die Marssonde Mariner 9 bei ihrem Vorbeiflug in der Elysium-Region des Planeten im Jahre 1971 entdeckt hatte, sowie weitere Pyramiden in der Nähe des Gesichts.

Die ersten Mars-»Pyramiden« sah Mariner 9 im Jahr 1971 in der Ebene von Elysium. Jeder dieser seltsamen Berge, deren Seitenlänge die der Cheops-Pyramide um das 13fache übertrifft, lässt die ägyptischen Altertümer klein aussehen.

»Ein sorgfältig gestaltetes Signal« sei das Marsgesicht und der »bedeutsamste Hinweis auf extraterrestrisches Leben auf dem Mars«, schrieb das Magazin und stellte flugs einen Zusammenhang mit den ägyptischen Pyramiden von Gizeh und der benachbarten Sphinx her.

Außerirdische Einmischung

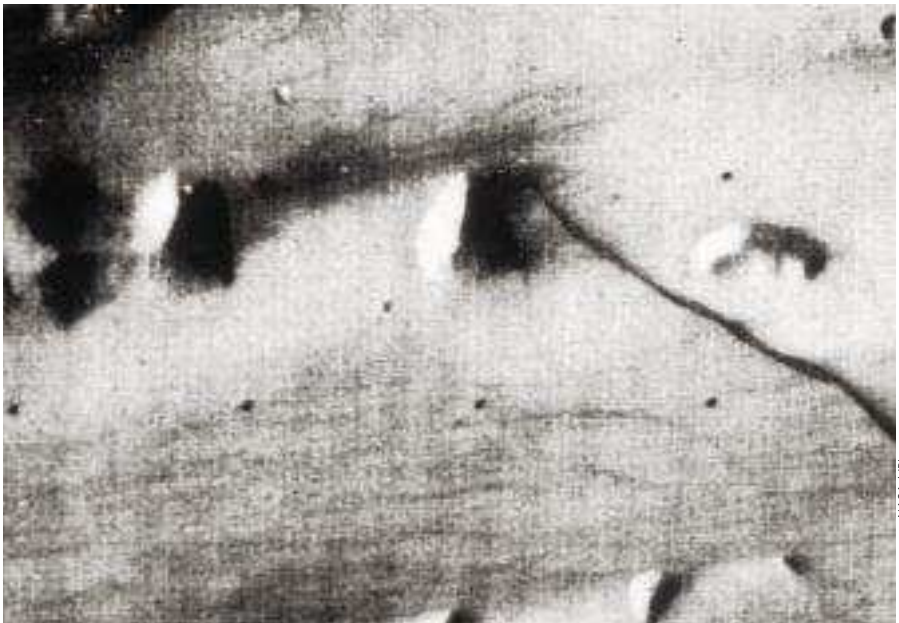
Bis heute gibt es solche Spekulationen, die unter anderem von dem US-Wissenschaftsjournalisten Richard C. Hoagland regelmäßig aufgewärmt werden. Die amerikanische Ausgabe seines Buchs »Die Mars Connection – Monumente am Rande der Ewigkeit« erschien vergangenes Jahr in fünfter Auflage. Hoagland fabulierte gar von Marsmammutknochen und von einer Verschwörung der Regierung, die die unreife Menschheit vor einem ersten Kontakt mit Außerirdischen bewahren wollte.

Schon die ägyptischen Pyramiden wurden gelegentlich als Resultat der Bautätigkeit außerirdischer Intelligenzen angesehen, die sich bereits in das irdische Leben der Vorzeit eingemischt haben sollen. Tatsächlich besitzen die Pyramiden in Ägypten wenig Ähnlichkeit mit denen auf Mars. Die größte von ihnen, die Cheops-Pyramide in Gizeh, hatte ursprünglich eine Höhe von 146 Metern. Die Pyramiden von Elysium sind dagegen rund tausend Meter hoch. Und es gibt noch mehr Unterschiede: Zwar sind die Marspyramiden in der Tat auffällige geometrische Erhebungen, doch besitzen sie nur drei dreieckige Seitenflächen, im Fall der ägyptischen Pyramiden sind es vier.

Dass Ägyptens Pyramiden tatsächlich von den alten Ägyptern entworfen und gebaut wurden – und nicht etwa von Außerirdischen –, wird von zahlreichem archäologischem Beweismaterial bestätigt. In seinem Buch »Unser Kosmos« schrieb Carl Sagan im Jahr 1980 über die Pyramiden von Elysium: »Sie scheinen altertümlich und von der Erosion beschädigt und sind vielleicht doch nur kleine Berge, über Ewigkeiten hinweg vom Sand geschliffen.«

Genau so scheint es auch zu sein: 1998 lieferte die US-Raumsonde Mars Global Surveyor (MGS) neue aufschlussreiche Bilder eines erodierten Hochplateaus, die allen früheren Behauptungen widersprachen, seine Gestalt sei das Ergebnis einer Bearbeitung durch Alienhände. Noch aktueller ist das Foto links unten auf Seite 94. Es stammt aus dem Jahr 2001 und wurde von der Mars Orbiter Camera des MGS geschossen.

Damit dürften alle Spekulationen endgültig erledigt sein. Jetzt, während der Opposition, kann Mars endlich wieder erscheinen, wie er in Wirklichkeit ist: zwar ohne Gesicht, aber dennoch Aug' in Aug' mit den Bewohnern der Erde. <<



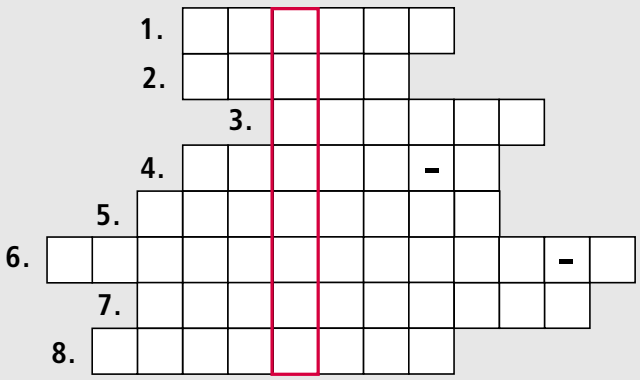
NASA / JPL

Der Autor ist langjähriger Direktor des Griffith Observatory im kalifornischen Los Angeles. Auch wenn er auf unserem Nachbarplaneten keine Außerirdischen vermutet, so vergisst er doch nie ein Gesicht.

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

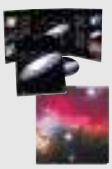
Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Astronom, der das Klassifikationsschema für Supernovae entwickelte
2. Sebastian Hönig erhielt den Edgar Wilson Award für die Entdeckung eines solchen Objekts
3. schnell rotierender Neutronenstern
4. europäische Mondmission
5. Sternbild mit bekannten Kugelsternhaufen
6. Strahlungsquelle im Zentrum der Milchstraße
7. Stellung des Mars am 28. August
8. Sonne am Südhimmel, neunthellster Fixstern am Nachthimmel. Durch schnelle Rotation abgeplattet, der Name lautet übersetzt »Ende des Flusses«.

Meade DS-2070AT

1. Preis: Das DS-2070AT von Meade setzt neue Standards in seiner Klasse. Mit dem integrierten Meade-AutoStar-Handcomputer wird das Auffinden astronomischer Objekte zum Kinderspiel. Sobald die Go-to-Taste gedrückt wird, positioniert das Teleskop das gewünschte Objekt automatisch im Gesichtsfeld.



2. – 4. Preis: Je ein DVD- oder Video-Buch-Paket »Der Weltraum – Vom Urknall, Schwarzen Löchern und fremden Welten« der Firmen polyband und VGS-Verlag im Wert von 60 €. Siehe auch unsere Rezension auf Seite 92.

5. Preis: »Zielscheibe Erde – Wie Asteroiden und Kometen unseren Planeten bedrohen«; ein Kosmos-Buch im Wert von 19,90 €. Siehe auch unseren Beitrag zum Thema ab Seite 20.

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 4/2003, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss: 15.9.2003. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

ANZEIGE

ASTRONOMIE HEUTE

ASTRONOMIE-HEUTE-Launchparty: Am Freitag, dem 11. Juli, hatten wir endlich die Gelegenheit, zusammen mit Kollegen von Sky & Telescope den Start unseres Magazins zu feiern.
Auf dem historischem Boden der Landessternwarte nahe dem Gipfel des Heidelberger Königstuhls gab es neben den Führungen durch die über einhundert Jahre alten Teleskopkuppeln viel Zeit zum persönlichen Kennenlernen.
Das Foto zeigt die Gewinner des Preisauschreibens Frau Huebscher und Herrn Berger (2. v. l.) mit Prof. Rudolf Kippenhahn (2. v. r.) und Chefredakteur Reinhard Breuer (l.).

Gewinner des letzten Preisrätsels:

		A	P	O										
			E	R	I	D	A	N	U	S				
P	H	O	T	O	N									
M	E	T	E	O	R									
S	K	O	R	P	I	O	N							
			N	O	V	A								

Proton: Elementarteilchen der Atomkerne, bildet den überwiegenden Teil der kosmischen Strahlung.

Das Preisrätsel aus AH Juli/August 2003 haben gewonnen: Hermann Moser/Altenmünster (Fujinon-Feldstecher); Gottfried Czerwenka/Zaisenhausen (The Sky PC-Planetarium); Dr. Horst Hoberg/Munkbrarup, Rolf Lamprecht/Grafschaft, Frank Kuschel/Berlin (»Unsere einsame Erde«)

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben.

Für Nicht-Abonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	**privat**	**gewerblich**
bis zu drei Zeilen	22,– €	45,– €
jede weitere Zeile	5,– €	8,– €

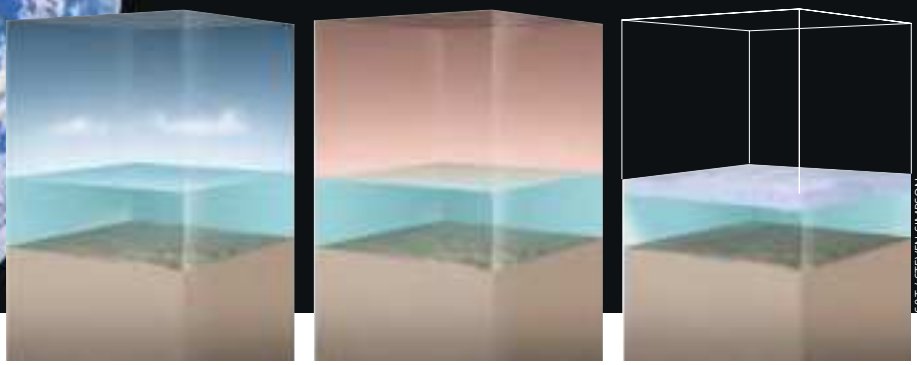
Eine Zeile enthält durchschnittlich fünfzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: (06221) 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de. Einsendeschluss: sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

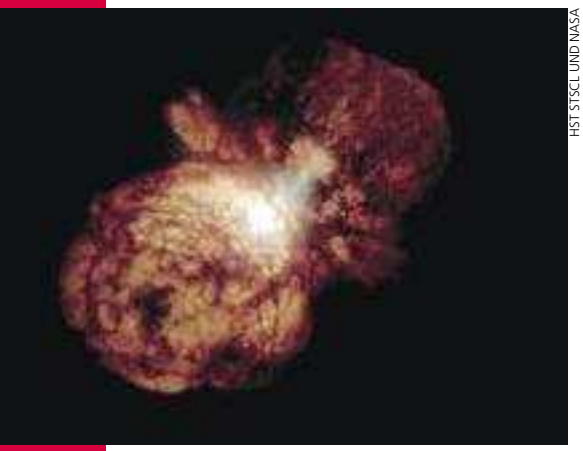
VORSCHAU

NASA / JPL

Ozeane im Sonnensystem. Auf immer mehr Himmelskörpern werden sie entdeckt, sodass sich Astronomen nun fragen: Ist jener Bereich um die Sonne, in dem Leben entstehen könnte, möglicherweise viel größer als vermutet?



S&T / STEVEN SIMPSON



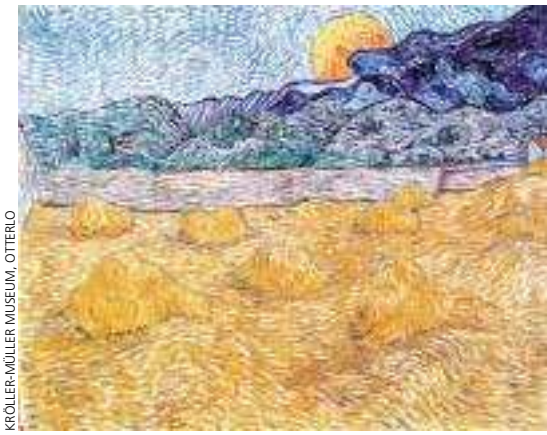
HST STSCI UND NASA

Eta Carinae ist der Schlüssel zu zahlreichen Rätseln der Astrophysik und Kosmologie. Der stark veränderliche Riesenstern hat vielleicht einen unsichtbaren Begleiter und wird dieses Jahr einige Geheimnisse preisgeben – wenn die Experten Recht behalten ...

Nicht nur für Kinder, sondern für fast jeden Einsteiger ist das neue preisgünstige »StarBlast Astro Telescope« der kalifornischen Fernrohrschmiede Orion geeignet

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Vincent van Gogh stellte in seinen Werken immer wieder Objekte des Sternhimmels dar. Astronomen konnten jetzt eines seiner Werke genau datieren



KRÖLLER-MÜLLER MUSEUM, OTTERLO

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (dre), Stephan Fichtner (sf)
Ständige Mitarbeit: Thilo Körkel (tk)
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Produktentwicklung: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg, Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Cartoons: Sidney Harris
Verlag und Redaktion: Spektrum der Wissenschaft, Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel. (06221) 9126-600, Fax (06221) 9126-751, E-Mail: ah@spektrum.com
Übersetzungen/Mitarbeit in diesem Heft: Dr. Thorsten Dambeck, Dr. Matthias Hünsch, Corinna Karow, Dr. Rainer Kayser, Stephen Koszudowski, Dr. Thomas Rattei, Dr. Stefanie Reinberger, Dr. Rainer Riemann, Margit Röser, Dr. Joachim Schüring, Peter Strub, Michael Vogel, Bernd Weisheit, Uli Zehndbauer.
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: (06221) 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: (06221) 9126-741; E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. (06221) 9126-744

Geschäftsleitung: Dean Sanderson, Markus Bossle
Leser-Service: Tel.: (06221) 9126-743; E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft, Boschstraße 12, D-69469 Weinheim, Tel.: (06201) 6061-50, Fax: (06201) 6061-94
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (6 Ausgaben): € 34,80, Jahresabonnement Ausland: € 37,80, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Studiennachweis): € 30,00, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Studiennachweis): € 33,00. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konten: Deutsche Bank, Weinheim, 58 36 43 202 (BLZ 670 700 10); Postbank Karlsruhe 13 34 72 759 (BLZ 660 100 75). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel; Tel.: (06181) 729-04; Fax: (06181) 729-84; E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 1 vom Dezember 2002.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2003 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
http://www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.